



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

Título del trabajo: Detector de fallos en un sistema de iluminación y procesos automáticos aplicados a un edificio de oficinas.

Autor/es

Ángel Miguel Súñer de Pedro

Director/es y/o ponente

Francisco Javier Arcega Solsona

EUITIZ
2013

Prefacio

El desarrollo de este proyecto fue realizado en su mayor parte en la Universidad de Central Lancashire (UCLAN), en Preston, Reino Unido. Para la fabricación del prototipo y realización de pruebas se hizo uso de los laboratorios y equipos con los que cuenta la Universidad. Todos los componentes requeridos para su construcción fueron comprados a través del almacén Rapid Electronics Ltd. ubicado en Preston.

El propósito de este proyecto ha sido desarrollar un sistema electrónico capaz de detectar fallos de manera automática en el funcionamiento de un conjunto de lámparas representando un conjunto de iluminación urbana y destacar así las ventajas que ofrece la automatización de este servicio frente a otros métodos de supervisión convencionales.

El sistema está compuesto por sensores a tiempo real para detectar si las lámparas están encendidas o apagadas, un interruptor crepuscular, el cual enciende o apaga las lámparas automáticamente dependiendo de la incidencia de luz solar y por último, el sistema dispone de una Unidad Central de Control donde se encuentra ubicado el micro-controlador que recibe todas las señales digitales de los sensores a través de un receptor de radiofrecuencia y muestra el estado en el que se encuentran cada una de las lámparas mediante unos diodos LED.

El interfaz entre los sensores y la Unidad de Control es a través de un control remoto de radiofrecuencia, para ello cada lámpara es equipada con un sensor óptico y un transmisor RF.

De manera complementaria y con motivo de la realización de unas prácticas en el departamento de Automatización Industrial de la empresa Siemens, en la oficina comercial de Zaragoza, se han desarrollado en el último capítulo de este informe, algunos ejemplos relacionados con control de iluminación y automatización realizados con LOGO!, el autómatas más básico de Siemens pero con el que se pueden resolver tareas de instalación industriales y del ámbito doméstico y terciario.

De esta forma se analizan las ventajas que ofrece la automatización, primero a través de un prototipo de fabricación propia y finalmente con casos reales mediante módulos lógicos o autómatas.

Contenidos

| | |
|---|----|
| Prefacio | 2 |
| Contenidos | 3 |
| Listado de Figuras | 5 |
| Listado de Tablas | 7 |
| Listado de abreviaturas | 7 |
| Capítulo 1: Introducción | 8 |
| Capítulo 2: Antecedentes | 9 |
| 2.1 AUTOMATIZACIÓN | 9 |
| 2.2 PROBLEMAS Y SOLUCIONES | 10 |
| Capítulo 3: Diseño del Hardware | 11 |
| 3.1 ANÁLISIS DEL HARDWARE Y SELECCIÓN DE COMPONENTES..... | 11 |
| 3.1.1 EL SENSOR | 14 |
| <i>Encapsulado del sensor</i> | 14 |
| <i>La fotorresistencia</i> | 15 |
| 3.1.2 TRANSMISIÓN DE RADIOFRECUENCIA | 17 |
| <i>Introducción</i> | 17 |
| <i>Transmisor y Receptor</i> | 18 |
| <i>Encodificador / Decodificador</i> | 19 |
| <i>Diseño de la antena</i> | 19 |
| 3.1.3 EL MICROCONTROLADOR P89LPC938 | 21 |
| 3.1.4 LISTADO DE MATERIALES | 22 |
| <i>Unidad de Control:</i> | 22 |
| <i>Interruptor crepuscular (lado transmisor):</i> | 23 |
| <i>Sensor detector de luz:</i> | 23 |
| 3.2 EXPERIMENTOS PRELIMINARES | 24 |
| <i>Experimento 1: Construcción del Interruptor Crepuscular</i> | 24 |
| <i>Experimento 2: Interruptor Crepuscular con el relé de activación</i> | 25 |
| <i>Experimento 3: Interruptor Crepuscular con transmisión de radiofrecuencia</i> | 25 |
| <i>Experimento 4: Sensor detector de luz</i> | 25 |
| <i>Experimento 5: Transmisión entre 1 transmisor RF y el receptor RF</i> | 26 |
| <i>Experimento 6: Transmisión de datos entre 2 transmisores RF y el receptor RF.</i> .. | 26 |
| <i>Experimento 7: Sensor detector de luz con transmisión de radiofrecuencia</i> | 27 |
| <i>Experimento 8: Comprobación del funcionamiento de la Unidad de Control</i> | 27 |
| 3.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA | 28 |
| 3.3.1 INTRODUCCIÓN | 28 |
| 3.3.2 LAS LÁMPARAS..... | 29 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3 EL INTERRUPTOR CREPUSCULAR | 30 |
| <i>Circuito 1: Interruptor crepuscular</i> | 30 |
| <i>Circuito 2: Relé de activación</i> | 31 |
| <i>Interruptor Crepuscular (circuito transmisor)</i> | 33 |
| <i>Interruptor Crepuscular (circuito receptor)</i> | 34 |
| 3.3.4 SENSOR DETECTOR DE LUZ | 37 |
| <i>Sensor detector de luz (circuito transmisor)</i> | 37 |
| <i>Sensor detector de luz (circuito receptor)</i> | 39 |
| 3.3.5 LA UNIDAD DE CONTROL | 40 |
| Capítulo 4: Diseño del Software | 43 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN | 43 |
| 4.2 MICROCONTROLADOR: CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS | 44 |
| 4.3 ANÁLISIS: DIAGRAMAS DE FLUJO | 45 |
| 4.4 MODO MANUAL Y AUTOMÁTICO | 47 |
| Capítulo 5: Resultados y limitaciones | 48 |
| Capítulo 6: Ejemplos de automatización aplicados a un edificio empresarial | 52 |
| 6.1 INTRODUCCIÓN | 52 |
| 6.2 EL CONTROLADOR LOGO! DE SIEMENS | 56 |
| 6.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOGO! | 57 |
| 6.4 MÓDULOS DE AMPLIACIÓN | 58 |
| 6.5 INSTALACIÓN DE LOGO! | 61 |
| 6.6 EL SOFTWARE DE LOGO!: LOGO!SOFT COMFORT | 62 |
| 6.7 APLICACIONES CON LOGO! | 63 |
| 6.7.1 CONTROL AUTOMÁTICO DE LA PUERTA PRINCIPAL DE ACCESO | 64 |
| 6.7.2 ILUMINACIÓN INTERIOR DE UNA OFICINA | 69 |
| 6.7.3 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO PARA ESCALERAS Y PASILLOS | 74 |
| 6.7.4 ILUMINACIÓN EXTERIOR | 78 |
| 6.7.5 CONTROL DE LAS PLAZAS DE APARCAMIENTO DE UN PARKING DE 3 PLANTAS | 81 |
| REFERENCIAS | 87 |
| ANEXO | 89 |
| ANEXO 1: CÓDIGO FUENTE | 89 |
| ANEXO 2: LAYOUTS DE LAS PCBs | 90 |
| ANEXO 3: ESQUEMAS GENERALES PROGRAMAS LOGO! | 94 |

Listado de Figuras

| | |
|--|----|
| 3.1 Esquema del amplificador operacional LM358N..... | 13 |
| 3.2 Primer nivel de encapsulado de una fotorresistencia | 15 |
| 3.3 Interruptor crepuscular, segundo nivel de encapsulado..... | 15 |
| 3.4 Imagen de una fotorresistencia (LDR) y su símbolo eléctrico | 17 |
| 3.5 Comparativa de tamaño entre fotorresistencia y una moneda de 1 libra..... | 17 |
| 3.6 Receptor y transmisor RF | 19 |
| 3.7 Ejemplos de antenas usadas en radiofrecuencia | 21 |
| 3.8 Microcontrolador P89LPC938 FA (vista desde arriba)..... | 22 |
| 3.9 Experimento Interruptor Crepuscular | 25 |
| 3.10 Interruptor Crepuscular con transmisión RF | 26 |
| 3.11 Transmisión de datos entre dos transmisores RF y receptor | 27 |
| 3.12 Sensor detector de luz con transmisión de RF..... | 28 |
| 3.13 Diagrama de bloques del sistema | 29 |
| 3.14 Juego de lámparas..... | 30 |
| 3.15 Interruptor crepuscular, circuito 1 | 31 |
| 3.16 Circuito 2: Relé de activación del Interruptor Crepuscular | 32 |
| 3.17 Interruptor Crepuscular..... | 33 |
| 3.18 Interruptor crepuscular (circuito transmisor)..... | 34 |
| 3.19 Interruptor Crepuscular (circuito receptor)..... | 35 |
| 3.20 Generador 12 V AC | 36 |
| 3.21 Fotografía del interruptor crepuscular fabricado (circuito receptor) | 37 |
| 3.22 Sensor detector de luz (circuito transmisor) | 38 |
| 3.23 Fotografía del sensor detector de luz fabricado (circuito transmisor) | 39 |
| 3.24 Sensor detector de luz (circuito receptor)..... | 40 |
| 3.25 Fotografía Unidad de Control..... | 41 |
| 3.26 Diagrama esquemático Unidad de Control..... | 43 |
| 4.1 Keil MCB900 evaluation board..... | 44 |
| 4.2 Diagrama de flujo del programa..... | 46 |
| 4.3 Diagrama de flujo modo manual | 47 |
| 6.1 Esquema de un sistema automático de control de iluminación | 54 |

| | |
|--|----|
| 6.2 Detectores de movimiento para colocación en techo y pared | 55 |
| 6.3 Interruptor crepuscular y sensor de luminosidad Siemens | 55 |
| 6.4 Esquema interruptor crepuscular explicado en la sección 3.3.3..... | 56 |
| 6.5 Programadores horarios Siemens | 56 |
| 6.6 Imagen de LOGO! con módulos de ampliación..... | 57 |
| 6.7 Módulos de ampliación de LOGO! | 59 |
| 6.8 LOGO!, LOGO! TD, y varios módulos de ampliación | 60 |
| 6.9 Envío y recepción de mensajes con LOGO! | 60 |
| 6.10 Conexión de un LOGO! a un PC a través de módem..... | 61 |
| 6.11 Esquema ejemplo comunicación entre LOGO!, PC y componentes Simatic..... | 61 |
| 6.12 LOGO! y módulo digital de ampliación colocados en carril DIN | 62 |
| 6.13 Parte trasera de LOGO!, desplazamiento de las platinas para montaje en pared | 62 |
| 6.14 Funcionales LOGO!Soft Comfort | 63 |
| 6.15 Puerta automática de acceso al edificio | 65 |
| 6.16 Planta y frontal de la puerta automática | 66 |
| 6.17 Cableado del LOGO! para el control de una puerta automática..... | 67 |
| 6.18 Esquema de bloques del programa puerta automática..... | 68 |
| 6.19 Oficina con filas de luminarias | 70 |
| 6.20 Diseño representativo de la oficina y disposición de las luminarias | 71 |
| 6.21 Cableado de la iluminación interior de una oficina..... | 72 |
| 6.22 Esquema de bloques del programa de control iluminación oficina..... | 73 |
| 6.23 Fotografía ejemplo pasillo interior | 75 |
| 6.24 Cableado de la instalación mediante LOGO! | 76 |
| 6.25 Diagrama de bloques para un interruptor automático de escalera o pasillo | 77 |
| 6.26 Iluminación exterior edificio | 79 |
| 6.27 Diagrama de bloques programa iluminación exterior | 80 |
| 6.28 Fotografía de la entrada de un parking con tres accesos | 82 |
| 6.29 Dibujo esquemático de la entrada y salida del parking | 83 |
| 6.30 Diagrama de bloques general para el control de acceso de una planta..... | 84 |
| 6.31 Diagrama de bloques de la programación completa de las tres plantas | 85 |
| 6.32 Creación de una UDF para la función de control de cada planta | 86 |
| 6.33 Diagrama de bloques del control del parking utilizando funciones UDF | 87 |

Listado de Tablas

| | |
|---|----|
| 3.1 Lista de materiales Unidad de Control | 23 |
| 3.2 Lista de materiales para el Interruptor Crepuscular (lado transmisor) | 24 |
| 3.3 Lista de materiales para los sensores de detección de luz | 24 |
| 4.1 Direccionamiento de las lámparas | 48 |

Listado de abreviaturas

| | |
|------|--|
| CdS | Sulfuro de Cadmio |
| CdSe | Seleniuro de Cadmio |
| I/O | Input / Output – Entrada / Salida |
| IC | Integrated Circuit – Circuito Integrado |
| LCD | Liquid Crystal Display – Display Cristal líquido |
| LDR | Light Dependent Resistor – Resistencia dependiente de la luz |
| LED | Light Emitting Diode – Diodo emisor de luz |
| PCB | Printed Circuit Board – Placa de circuito impreso |
| PLC | Programmable Logic Controller – Controlador Lógico Programable |
| RF | Radio Frequency – Radiofrecuencia |
| UDF | User defined function – Función definida por el usuario |
| USB | Universal Serial Bus – Bus Serie Universal |

Capítulo 1: Introducción

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema electrónico que sea capaz de detectar automáticamente posibles fallos en la iluminación de un conjunto de lámparas y enviar una señal de alarma al programa de control con el fin de resolver la avería lo antes posible.

Además de la detección de fallos, el sistema debe ser capaz de encender las lámparas automáticamente cuando detecte que está anocheciendo. Por otro lado, las lámparas deben ser apagadas cuando el sistema detecte que está amaneciendo, cuando la incidencia de luz solar es ya suficiente y por tanto, no es necesario mantener las lámparas encendidas.

Para llevar a cabo este proceso es necesario incluir un componente fotoeléctrico que pueda medir la incidencia de la luz constantemente. El componente fotoeléctrico intervendrá en el circuito para desarrollar dos aplicaciones, detectar cuando acaba el día y empieza la noche y para detectar si cada lámpara está encendida o apagada correctamente y transmitir la señal a la Unidad de Control.

Otro requerimiento para este sistema es dotar al control de una transmisión sin cables (wireless). En una aplicación real las farolas se encuentran separadas unas de otras y la información de cada farola debe ser transmitida a la Estación de Control que monitoriza su estado. Por esta razón la interfaz entre las lámparas y la Unidad de Control debe ser sin cables, mediante algún tipo de control remoto.

Los esquemas electrónicos y simulaciones de los circuitos han sido diseñados y desarrollados mediante los programas Proteus 7 Professional y Keil uVision 4. Para facilitar la comprensión del proyecto desarrollado se han incluido algunas fotos, esquemas y diagramas explicativos.

Este sistema es diseñado con el fin de demostrar los beneficios del control automático de la iluminación en comparación con inspecciones periódicas con la necesidad de intervención humana en el lugar donde cada grupo de farolas están instaladas. El sistema proporciona control remoto así como monitorización del estado de las farolas en

tiempo real ofreciendo una solución eficiente en la gestión automática de la supervisión de un sistema de alumbrado.

Capítulo 2: Antecedentes

2.1 Automatización

Convencionalmente, la detección de fallos en el control de iluminación es llevada a cabo periódicamente por personal de mantenimiento, quienes tienen que inspeccionar cada lámpara personalmente mientras las farolas están conectadas a la red eléctrica. La web www.pkc.gov.uk contiene información en relación a este hecho que se incluye como ejemplo. El Ayuntamiento de los distritos Perth & Kinross pertenecientes a Escocia, trata un amplio rango de servicios públicos, uno de ellos es la iluminación pública. Se incluye a continuación la traducción literal de una parte del texto incluida en la página web mencionada. *“El funcionamiento de la iluminación pública es inspeccionado a lo largo del año durante unos ciclos. Durante el invierno, un total de 23.000 farolas son inspeccionadas una vez a la semana, cada vez un área diferente es inspeccionada bajo la oscuridad de la noche. Durante los meses de verano cuando los días son más largos las inspecciones tienen lugar una vez cada tres semanas”*. Esta web también recoge que alrededor de 6000 fallos son ocurridos anualmente.

Esta inspección es extremadamente costosa e ineficiente porque es posible que las lámparas fallen al poco de pasar la inspección o que fallen solamente temporalmente durante unas condiciones específicas de su funcionamiento.

Por esta razón, la automatización del servicio puede ofrecer muchas ventajas. Entendemos por automatización el uso de ordenadores y otros sistemas electrónicos para controlar un determinado proceso, reduciendo la necesidad de intervención humana. Como ventajas se puede destacar la mejora de la aplicación reduciendo posibles errores humanos y el coste es sustancialmente reducido al eliminar la necesidad de supervisión por parte de operarios.

2.2 Problemas y Soluciones

La iluminación de calles y carreteras ofrece seguridad y confort durante las horas de noche pero la iluminación también tiene algunos inconvenientes. La iluminación requiere una gran cantidad de energía generada, lo que significa grandes niveles de emisiones perjudiciales. Con lámparas basadas en diodos LED el consumo de energía es reducido en comparación con otros tipos de bombillas convencionales.

Hay dificultades en lo que respecta al mantenimiento de los sistemas de iluminación públicos, en la forma en que se averigua que una lámpara necesita ser reparada. Como se menciona en un artículo escrito por la empresa ADD GRUP, dedicada a servicios de control y distribución eléctrica así como reparación y mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos: *“Casi todos los municipios u órganos responsables de una red de iluminación pública disponen de una página web, la cual pone a disposición de la gente la forma de comunicar la avería de alguna farola, ya sea por correo electrónico, correo ordinario o por teléfono. Sin embargo, es muy probable que esta información no llegue inmediatamente a la persona responsable y por tanto el tiempo que pasa desde que la lámpara se estropea hasta que es reparada puede ser bastante largo”* (Panchuk, 2009).

En este sentido este proyecto se enfoca especialmente en un sistema capaz de detectar fallos en lámparas de manera automática como una eficiente solución para la gestión de un servicio de iluminación ya sea público o privado, evitando la labor que costaría tener a una o varias personas encargadas de su supervisión de manera continua.

Capítulo 3: Diseño del Hardware

3.1 Análisis del Hardware y selección de componentes

El sistema electrónico desarrollado en este proyecto incluye las siguientes funciones:

- Fabricación de un interruptor crepuscular
- Encendido y apagado automático de las lámparas
- Detección de fallos en las lámparas
- Visualización de los fallos

Para que el sistema detecte si es de día o de noche ha sido necesario fabricar un interruptor crepuscular mediante un sensor óptico. Hay diferentes tipos de sensores dependientes de la luz como fotodiodos, fototransistores o foto-resistencias. Con este propósito, en este proyecto han sido empleadas LDRs (light dependent resistor), resistencias cuyo valor varía dependiendo de la incidencia de luz que reciben. Algunas de las razones para usar LDRs son el reducido volumen que ocupan, su rápida respuesta, buena exactitud y gran sensibilidad; proporcionan una amplia variación en el valor de su resistencia dependiendo del nivel de luz y por otro lado es un tipo de sensor muy barato.

El circuito del interruptor crepuscular requiere también un comparador analógico, un dispositivo que puede comparar dos tensiones, uno de ellos es establecido con un valor fijo y el otro valor varía dependiendo del valor de la resistencia de la LDR. El componente usado para comparar estas tensiones ha sido un amplificador operacional LM358N de ST Microelectronics. El amplificador operacional compara la tensión de sus dos entradas y saca en la salida una tensión cercana a 0 V cuando la tensión es mayor en V- o cercana a la tensión de alimentación, en este caso $V_{cc} = 5\text{ V}$, cuando es mayor la tensión que hay en su patilla V+. A continuación se muestra el esquema del amplificador operacional LM358N con sus terminales.

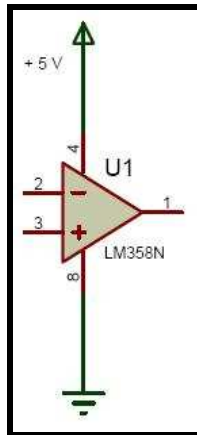


Figura 3.1 Esquema del amplificador operacional LM358N

Después de identificar si es de día o de noche dependiendo del valor de la LDR, el sistema debe ser capaz de encender o apagar automáticamente las lámparas.

En una aplicación real, la red de alimentación del alumbrado urbano es de 220 V en la mayor parte de Europa. Como no es posible tener acceso al control real de la iluminación pública para el desarrollo de este proyecto, la simulación ha sido desarrollada a través de una maqueta dispuesta con 4 lámparas de 12 V. Otra razón para usar 12 voltios en lugar de tensiones mayores es para prevenir el riesgo de cualquier accidente o daño físico.

Para accionar el encendido y apagado de las lámparas ha sido empleado un relé dependiendo de la señal recibida por parte de la tensión de salida del amplificador operacional. El relé permite el aislamiento eléctrico entre el circuito de control y las lámparas a controlar. Cuando es de día el relé permanece abierto y las lámparas se mantienen apagadas, sin embargo, cuando anochece el relé es activado, se cierra, permitiendo la alimentación de las lámparas con su consiguiente encendido.

La función principal para la cual este sistema ha sido diseñado es para la detección de fallos en las lámparas. El sistema debe determinar si las lámparas están encendidas o apagadas cuando les corresponde. Por ejemplo, si es de noche las lámparas deben estar encendidas, si alguna de ellas por el contrario está apagada debido a algún fallo, el sistema debe detectarlo e indicar dónde se ubica el fallo, visualizar qué lámpara es la que tiene la avería. Para esta tarea, de la misma manera que antes, una LDR y un amplificador operacional han sido incorporados en un circuito prácticamente similar al

explicado anteriormente. En este caso la LDR cambia su valor dependiendo de si recibe luz de la lámpara cuando está encendida o si no hay incidencia de luz en la LDR porque la lámpara está apagada y obviamente la tensión de salida del amplificador operacional será diferente en cada caso trabajando como comparador. La LDR debe estar situada bastante cerca de la bombilla de la lámpara para recibir la luz correctamente.

En una aplicación real las farolas urbanas están separadas entre sí y de la misma manera existe una cierta distancia desde donde están ubicadas hasta la estación de control donde se monitoriza y se controla su operación. Por esta razón la transmisión entre los sensores colocados en las lámparas y la Unidad de Control Central debe ser sin cables. Esta interfaz ha sido desarrollada en este proyecto a través de un control remoto de radiofrecuencia. Con este propósito son requeridos un transmisor y un receptor RF.

Cada lámpara es equipada con un sensor y un transmisor radiofrecuencia. El receptor es colocado en la Unidad Central de Control y recibe toda la información de los sensores.

En este proyecto ha sido requerido solamente un Microcontrolador para gestionar todo el funcionamiento del sistema. Un decodificador es conectado al micro y los transmisores RF de cada lámpara son conectados directamente a un encodificador.

Por último el sistema de detección de fallos tiene que visualizar de alguna manera esos fallos. Se han incluido en la Unidad Central diodos LED encargados de visualizar el estado de las lámparas, un diodo LED verde para cada lámpara y un LED rojo para indicar la presencia de fallos.

3.1.1 El sensor

Encapsulado del sensor

Cuando un sensor es fabricado o es integrado en un circuito, es necesario protegerlo del medio ambiente exterior. El material usado para proteger el sensor recibe en inglés el nombre de “sensor packaging”, encapsulado del sensor.

Dos puntos han de ser considerados a la hora de fabricar el encapsulado. Por un lado, el encapsulado debe ser compatible con el funcionamiento del sensor para prevenir falsas lecturas lo que establece la primera condición, el primer nivel de encapsulado como se explica en Chapman (1996), *“Primer nivel de encapsulado: protección del elemento básico del sensor a través de ensamblarlo en un sustrato o en un encapsulado exterior básico”*. A continuación se muestra una fotografía de un primer nivel de encapsulado correspondiente a una fotorresistencia (LDR).



Figura 3.2 Primer nivel de encapsulado de una fotorresistencia.

El segundo punto corresponde a la protección del sensor respecto de las condiciones ambientales externas. Esta consideración se refiere al segundo nivel de encapsulado: *“protección del sensor con un encapsulado más resistente que puede interactuar con condiciones ambientales hostiles”* (Chapman, 1996). A continuación se muestra un ejemplo de un segundo nivel de encapsulado de un interruptor crepuscular.



Figura 3.3 Interruptor crepuscular, segundo nivel de encapsulado.

De acuerdo con estas especificaciones, todos los componentes integrados en el sistema desarrollado deben ser protegidos para permitir su correcto funcionamiento sin ser afectados por las condiciones ambientales. Algunas de las condiciones bajo las que un sensor puede ser afectado son: vibración, golpes, humedad, temperaturas extremas y condiciones atmosféricas extremas.

La fotorresistencia

La fotorresistencia, LDR, resistencia dependiente de la luz, es conocida con muchos nombres como fotorresistencia, LDR, fotoconductor, célula fotoconductora o simplemente Sensor detector de luz.

La fotorresistencia (LDR) es un dispositivo fotoeléctrico que representa una resistencia que varía con la cantidad de luz recibida. Las fotorresistencias están fabricadas con materiales semiconductores que poseen propiedades dependientes de la luz. Los materiales semiconductores más comunes para su fabricación son el Sulfuro de Cadmio (CdS) y el Seleniuro de Cadmio (CdSe). En este proyecto han sido utilizadas fotorresistencias de Sulfuro de Cadmio.

Para obtener una mayor sensibilidad, la distancia entre los electrodos de la fotorresistencia debe ser reducida. Como se explica en Fraden (1997), esto se consigue fabricando la pista del material semiconductor en forma de serpentina donde los electrodos son conectados directamente a las patas de la fotorresistencia.

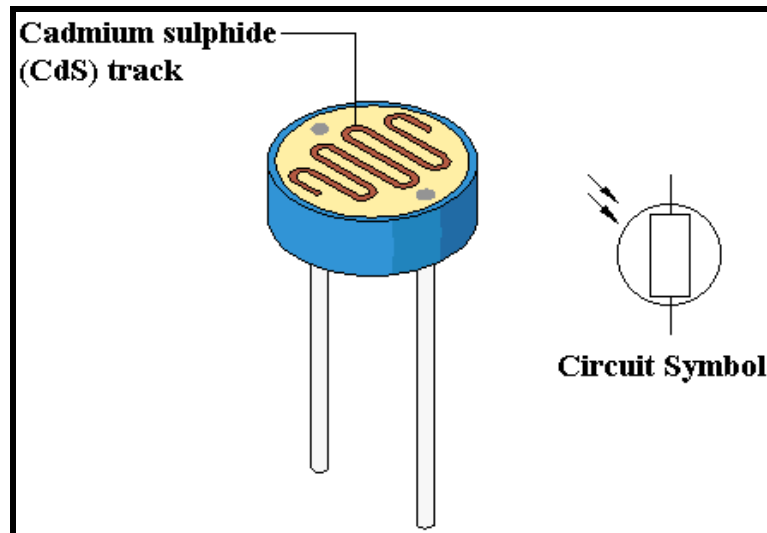


Figura 3.4 Imagen de una fotorresistencia (LDR) y su símbolo eléctrico

En ausencia de luz, la resistencia de la fotorresistencia es alta ($1\text{ M}\Omega$) y aumentando la intensidad de la luz la resistencia va disminuyendo hasta alcanzar aproximadamente una resistencia de $1\text{ k}\Omega$.

Como ya se ha comentado, las características destacables de una fotorresistencia son su pequeño volumen, una respuesta rápida frente a los cambios de luz, gran sensibilidad y exactitud.

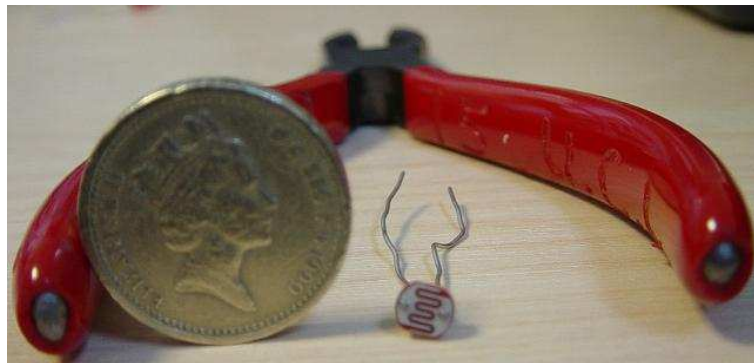


Figura 3.5 Comparativa de tamaño entre fotorresistencia y una moneda de 1 libra

La fotorresistencia ha sido utilizada en dos circuitos diferentes en este proyecto para desarrollar dos funciones. En primer lugar el sistema tiene que identificar cuando la incidencia de luz sobre la fotorresistencia es baja, lo que significará que está anocheciendo y el sistema tiene que encender las lámparas automáticamente. Por contra, el sistema debe ser capaz de apagar las lámparas cuando la incidencia de luz sobre la

fotorresistencia es suficiente y no es necesario mantener las lámparas encendidas. Este circuito es el que constituye el interruptor crepuscular fabricado.

Otro circuito se ha desarrollado conteniendo también una fotorresistencia, este circuito constituye el sensor de detección de luz fabricado para detectar si la lámpara está encendida o apagada en cada situación. Ambos circuitos son explicados en detalle en la sección 3.3 “Integración del sistema”.

3.1.2 Transmisión de Radiofrecuencia

Introducción

La radiofrecuencia (RF) consiste en la operación de ondas electromagnéticas en el rango comprendido entre 3 Hz y 300 GHz. *“La posibilidad de ondas electromagnéticas fue postulada por James Maxwell en 1864 y su existencia fue verificada por Heinrich Hertz en 1887”* (Coleman, 2005). Desde aquel tiempo, la radiofrecuencia ha sido desarrollada y hoy en día es considerada una de las tecnologías más importantes en la sociedad moderna.

Algunos de los avances conseguidos gracias a la radiofrecuencia son el radar y la televisión, con un significativo impacto en las comunicaciones y los medios de entretenimiento.

El desarrollo de los dispositivos semiconductores y circuitos integrados hicieron posible la fabricación de dispositivos electrónicos compactos que originaron la revolución de las comunicaciones móviles.

De acuerdo con Coleman (2005), *“El tamaño de la electrónica continúa disminuyendo y como consecuencia, nuevas áreas tecnológicas han comenzado. En particular, la difusión del espectro de las comunicaciones a frecuencias de gigahercios está aumentado para sustituir el cableado y otros sistemas que proporcionan conectividad local”*.

Transmisor y Receptor

El transmisor RF usado es el AM-RT4-433 de la empresa R.F. Solutions Ltd. y el receptor RF es un AM-HRR30-433 que es totalmente compatible con los transmisores de radiofrecuencia empleados. Estos componentes fueron comprados en el almacén comercial “Rapid Electronics Ltd.” ubicado en Preston. Los datasheets del receptor y los transmisores están incluidos en el Anexo 4.

Las frecuencias disponibles para este tipo de módulos van de 300 a 450 MHz pero las frecuencias estándar son 315 y 433 MHz. En este caso se han empleado módulos de frecuencia estándar 433 MHz.

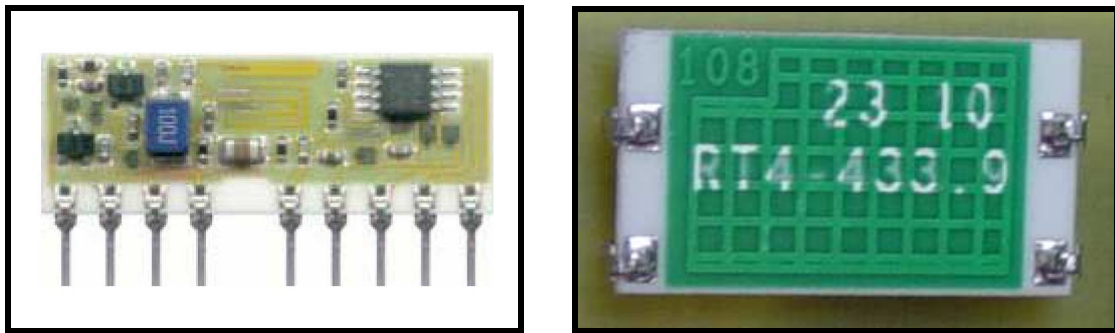


Figura 3.6 Receptor y transmisor RF

Estos módulos radiofrecuencia pueden ser conectados a un Microcontrolador o pueden ser directamente conectados a un encodificador y un decodificador en los lados del transmisor y receptor respectivamente.

El alcance de transmisión de estos módulos de RF es alrededor de 50 metros. Para la simulación de este proyecto 50 metros es más que suficiente, el funcionamiento de este sistema electrónico fue demostrado en un laboratorio y la distancia entre transmisores y receptor no superaba los 10 metros.

A modo de ejemplo de aplicación real, www.streetlightiq.com es la web de un desarrollador de un sistema avanzado de control de iluminación pública, donde el sistema usa un microprocesador con un módulo de radiofrecuencia de 900 MHz que transmite sin necesidad de cables con la estación base.

Encodificador / Decodificador

Los transmisores de radiofrecuencia integrados en el sistema han sido directamente interconectados con encodificadores y los módulos receptores con decodificadores.

El encodificador y el decodificador no necesitan ser programados, solamente necesitan una resistencia llamada “resistencia de oscilación” para generar la frecuencia osciladora dependiendo del valor de la tensión de alimentación.

Con una tensión de alimentación de 5 V, la resistencia de oscilación debe tener un valor de 1.1 M Ω para el encodificador y de 51 k Ω para el decodificador. Los datasheets del encodificador (HT12E) y decodificador (HT12D) se encuentran adjuntos en el Anexo 4, donde se especifica el criterio a seguir para elegir el valor adecuado de las resistencias para la oscilación.

Para transmitir los datos entre el circuito transmisor y el receptor, el encodificador y el decodificador deben ser configurados con la misma dirección. La dirección individual para cada transmisor y para los receptores puede ser establecida por el usuario por medio de unos interruptores DIP conectados directamente a los pines de dirección del encodificador y decodificador. Este procedimiento está explicado con más detalle en el capítulo 3.3 Integración del sistema.

Un interruptor puede ser añadido al encodificador en el pin 14 (transmisión enable) para transmitir solamente cuando el interruptor es accionado pero para los requerimientos de este sistema este pin ha sido conectado a masa para habilitar que el sistema transmita continuamente el estado de las lámparas.

Diseño de la antena

Las antenas son esenciales para permitir el correcto funcionamiento del control remoto por radiofrecuencia. La antena transforma las ondas de radio del espacio libre en una corriente eléctrica usada por un receptor o un transmisor RF.



Figura 3.7 Ejemplos de antenas usadas en radiofrecuencia

El espacio alrededor de la antena es tan importante como la propia antena para obtener un buen funcionamiento de la transmisión. En este sentido la antena no debe instalarse cerca de elementos con interferencias eléctricas o de objetos metálicos como baterías o cerca del plano de masa de una PCB porque esto puede restringir la eficiencia de la transmisión.

El mejor rango de transmisión para el sistema fabricado puede ser conseguido simplemente con un trozo recto de cable o una varilla metálica y su longitud debe ser de $\frac{1}{4}$ la longitud de onda. La longitud del cable utilizado como antena en este proyecto es calculado a continuación mediante la siguiente fórmula:

$$c: \text{velocidad de la luz} = 300000 \text{ km/s}$$

$$\lambda = \text{longitud de onda}$$

$$f = \text{frecuencia} = 433 \text{ MHz}$$

$$\lambda = c / f$$

$$\lambda = (300000 \text{ km/s}) / (433 \text{ MHz}) = 69.28 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{4} \text{ longitud de onda} \approx 17 \text{ cm}$$

Por tanto, según los cálculos realizados la longitud del cable debe ser de 17 cm de largo. En lugar de un trozo de cable, podrían haberse instalado un tipo de antena como los que se muestran en la figura 3.7 una antena helicoidal o una antena de varilla, la antena helicoidal debería ser de 34 mm de longitud como se muestra en las especificaciones técnicas en relación con la frecuencia empleada. Por otro lado, en caso de instalar una antena de varilla, su longitud debería ser la misma que la longitud calculada para el trozo de cable, en este caso 17 cm.

3.1.3 El Microcontrolador P89LPC938

El Microcontrolador incluye las tres unidades funcionales de un ordenador, la unidad de procesamiento central (CPU), la memoria y las unidades de entradas/salidas. Para este proyecto el Microcontrolador que ha sido instalado para el sistema de detección de fallos ha sido el NXP P89LPC938 de Philips Semiconductors. Este Microcontrolador está disponible en tres tipos de encapsulado, en este caso el encapsulado usado es el P89LPC938FA como muestra la figura 3.8. Las hojas más relevantes de su datasheet están adjuntas en el Anexo 4.

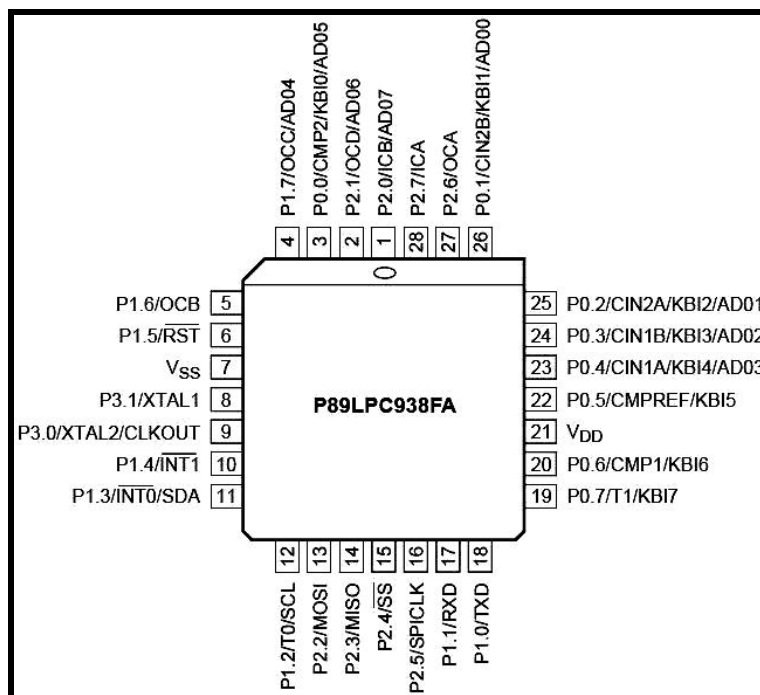


Figura 3.8 Microcontrolador P89LPC938 FA (vista desde arriba)

El Microcontrolador P89LPC938FA tiene cuatro puertos: P0 (de P0.1 a P0.7), P1 (de P1.1 a P1.7), P2 (de P2.1 a P2.7) y P3 (de P3.0 a P3.1), los cuales pueden ser programados como entradas o salidas. Tiene 28 pines en total con un mínimo de 23 pines de E/S y hasta 26 pines de E/S usando el oscilador del propio Microcontrolador y el reset. En el sistema desarrollado, han sido usados los 4 puertos del Microcontrolador. La configuración asignada a cada puerto está explicada en la sección 4.2 *El Microcontrolador*.

3.1.4 Listado de Materiales

Todos los componentes electrónicos que se necesitaron para el desarrollo del hardware de este proyecto fueron proporcionados por la Universidad de Central Lancashire (UCLAN) con un presupuesto limitado a un máximo de 50 libras (£50). La mayoría de los componentes fueron pedidos a la empresa Rapid Electronics. El resto de componentes necesarios se compraron a la empresa Farnell/CPC y a RS. En las siguientes tablas aparecen todos los componentes utilizados para la construcción de cada circuito del sistema.

Unidad de Control:

| Cantidad | Referencias | Valor |
|------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Resistencias: | | |
| 3 | R1, R10, R16 | 10 k Ω |
| 2 | R2, R3 | 470 Ω |
| 1 | R4 | 1 M Ω |
| 8 | R5-R9, R11, R13, R14 | 1 k Ω |
| 2 | R12, R17 | 100 Ω |
| 1 | R15 | 51 k Ω |
| Condensadores: | | |
| 1 | C1 | 10 nF |
| 2 | C2, C5 | 1 μ F |
| 1 | C3 | 100 nF |
| 1 | C4 | 10 μ F |
| Circuitos Integrados: | | |
| 1 | Microcontrolador (U1) | P89LPC932BA |
| 1 | Regulador de tensión (U2) | LD33V |
| 1 | DECODIFICADOR | HT12D |
| 1 | ENCODIFICADOR | HT12E |
| 1 | AMPLIFICADOR OP. | LM358N |
| 1 | RECEPTOR RF | AM-HRR30-433MHz |
| 1 | TRANSMISOR RF | AM-RT4-433 |
| Otros: | | |
| 1 | CN1 | CONECTOR 14 PINES |
| 1 | J1 | CONECTOR USB |
| 2 | J6, J7 | CONECTOR 5 PINES |
| 1 | J8 | CONECTOR 3 PINES |
| 8 | L1-L8 | LED |
| 2 | MA, RESET | JUMPER |
| 1 | SO2 | LDR |
| 2 | SW1, SW2 | INTERRUPTOR-DIP8 |
| 1 | VR1 (Potenciómetro 1) | 10 k Ω |

| | | |
|---|-----------------------|---------------|
| 1 | VR2 (Potenciómetro 2) | 20 k Ω |
|---|-----------------------|---------------|

Tabla 3.1 Lista de materiales Unidad de Control

Interruptor crepuscular (lado transmisor):

| Cantidad | Referencias | Valor |
|------------------------------|---------------|------------------|
| Resistencias: | | |
| 1 | R1 | 51 k Ω |
| 1 | R2 | 300 Ω |
| 1 | R3 | 1 k Ω |
| Condensadores: | | |
| 1 | C1 | 10 nF |
| Transistores: | | |
| 1 | Q1 | ZTX451 |
| Diodos: | | |
| 1 | D1 | 1N4001 |
| 1 | D2 | LED |
| Circuitos Integrados: | | |
| 1 | DECODIFICADOR | HT12D |
| 1 | RECEPTOR RF | AM-HRR30-433MHz |
| Otros: | | |
| 1 | RE1 | Relé 5 V 16 A |
| 1 | SW1 | INTERRUPTOR-DIP8 |

Tabla 3.2 Lista de materiales para el Interruptor Crepuscular (lado transmisor)

Sensor detector de luz:

| Cantidad | Referencias | Valor |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| Resistencias: | | |
| 1 | R1 | 10 k Ω |
| 2 | R2, R3 | 470 Ω |
| 1 | R4 | 1 M Ω |
| Circuitos Integrados | | |
| 1 | Amplificador Op. | LM358N |
| 1 | ENCODIFICADOR | HT12E |
| 1 | TRANSMISOR | AM-RT4-433 |
| Otros | | |
| 1 | SO2 | LDR |
| 1 | SW1 | INTERRUPTOR-DIP8 |
| 1 | VR1 (Potenciómetro 1) | 10 k Ω |

Tabla 3.3 Lista de materiales para los sensores de detección de luz

3.2 Experimentos preliminares

Todos los circuitos que constituyen el sistema fueron montados y probados mediante un diseño preliminar para asegurar su funcionamiento, en un primer momento de manera independiente y más tarde con todas las partes integradas en el sistema final.

Los experimentos fueron desarrollados en los laboratorios de la Universidad empleando para ello los equipos electrónicos disponibles como el osciloscopio, el multímetro digital y fuentes de alimentación.

Todos los circuitos preliminares fueron montados usando protoboards sin la necesidad de soldar hasta el desarrollo de las placas de circuito impreso (PCBs).

El orden de los principales experimentos preliminares fueron los que vienen a continuación. Han sido adjuntadas algunas fotografías que justifican estos experimentos.

Experimento 1: Construcción del Interruptor Crepuscular

Este circuito está formado principalmente por la fotorresistencia y el amplificador operacional. Fue necesario hacer test para determinar el valor de las resistencias que mejor ajustaban los niveles de luz requeridos para generar la conmutación. (Este circuito está explicado en la sección 3.3.3 *El interruptor crepuscular*).

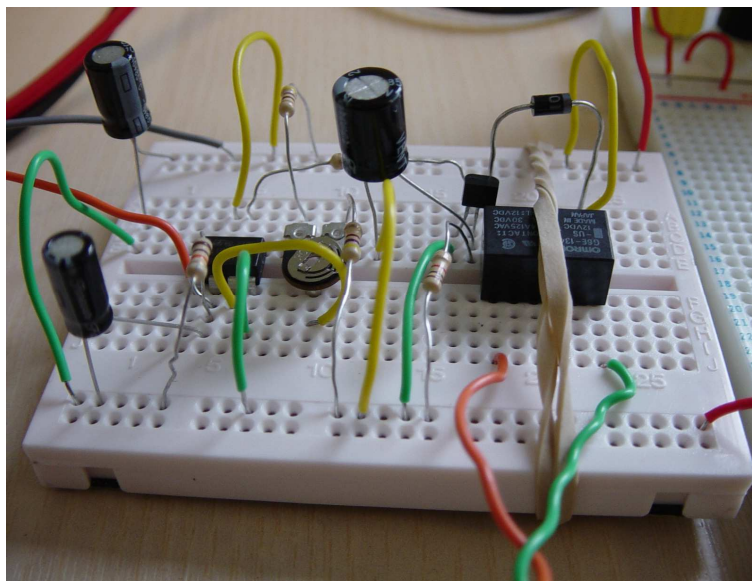


Figura 3.9 Experimento Interruptor Crepuscular

Experimento 2: Interruptor Crepuscular con el relé de activación

Este circuito es capaz de encender y apagar las lámparas por medio de un relé dependiendo de la luz recibida en la fotorresistencia. (Este circuito es descrito en la sección 3.3.3 *El interruptor crepuscular*).

Experimento 3: Interruptor Crepuscular con transmisión de radiofrecuencia

Explicado en sección 3.3.3 *El interruptor crepuscular*. Un módulo transmisor RF es conectado al Interruptor Crepuscular y un receptor RF es integrado en el circuito de activación que contiene el relé para controlar el encendido y apagado de las lámparas a distancia.

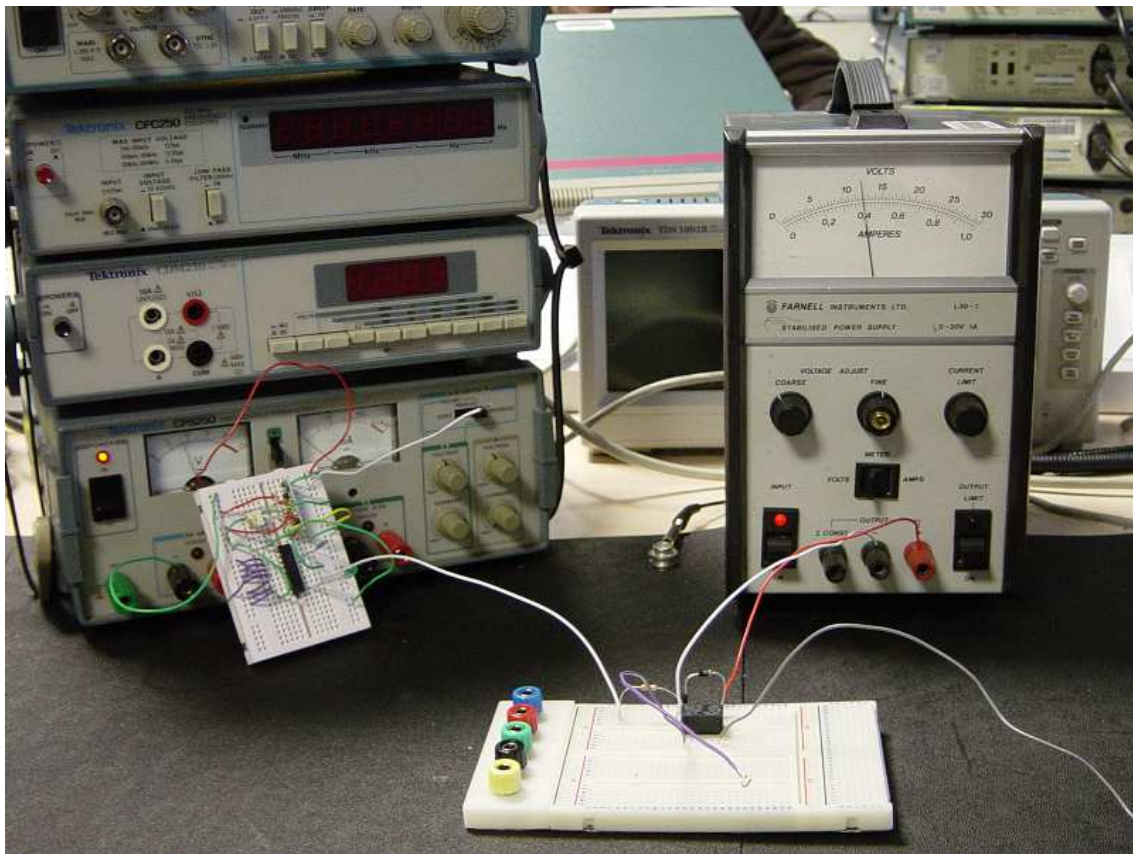


Figura 3.10 Interruptor Crepuscular con transmisión RF

Experimento 4: Sensor detector de luz

Explicado en la sección 3.3.4 *Sensor detector de luz*. Este experimento fue llevado a cabo al mismo tiempo que el Interruptor Crepuscular ya que es prácticamente el mismo circuito pero cambiando la posición de la fotorresistencia (LDR).

Experimento 5: Transmisión entre 1 transmisor RF y el receptor RF

Diodos LED fueron conectados a las salidas del decodificador para verificar la transmisión dependiendo del valor de las entradas del encodificador en el lado del transmisor.

Experimento 6: Transmisión de datos entre 2 transmisores RF y el receptor RF.

Este circuito es el mismo que en el experimento 5 pero añadiendo un segundo módulo transmisor RF con su encodificador.

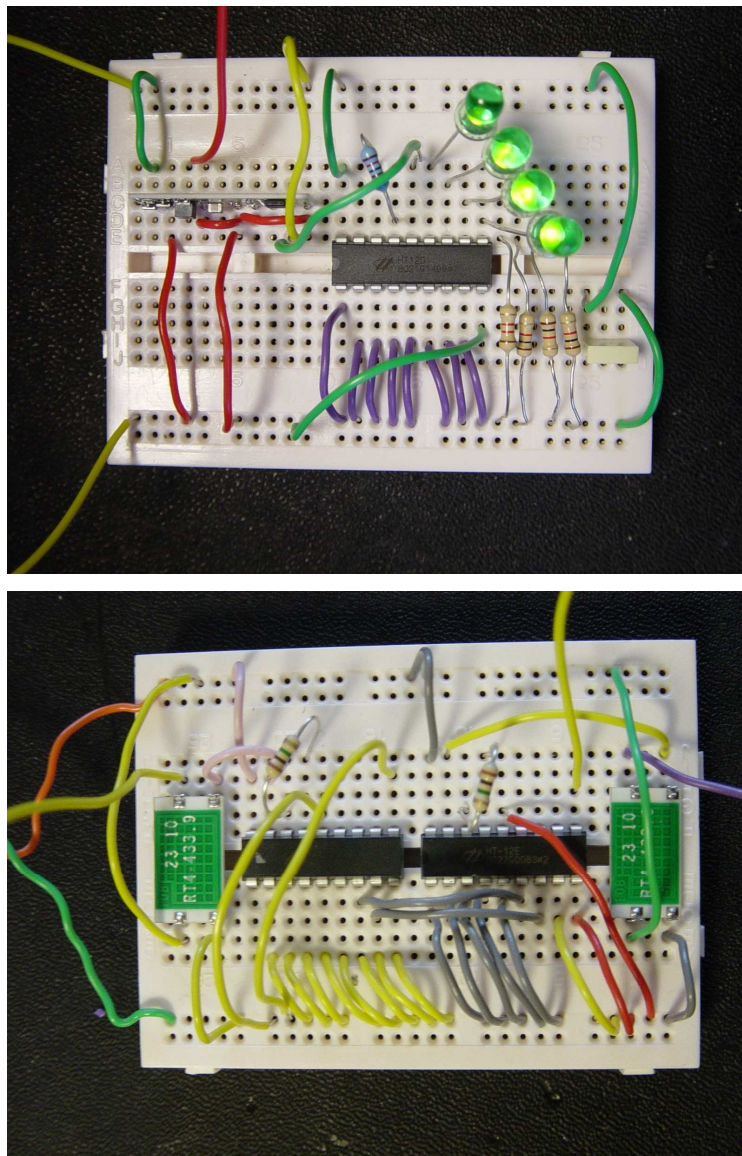


Figura 3.11 Transmisión de datos entre dos transmisores RF y receptor

Experimento 7: Sensor detector de luz con transmisión de radiofrecuencia

Explicado en la sección 3.3.4 *Sensor detector de luz*. Este experimento es el mismo que el experimento 3 pero reemplazando el Interruptor Crepuscular por el sensor detector de luz.

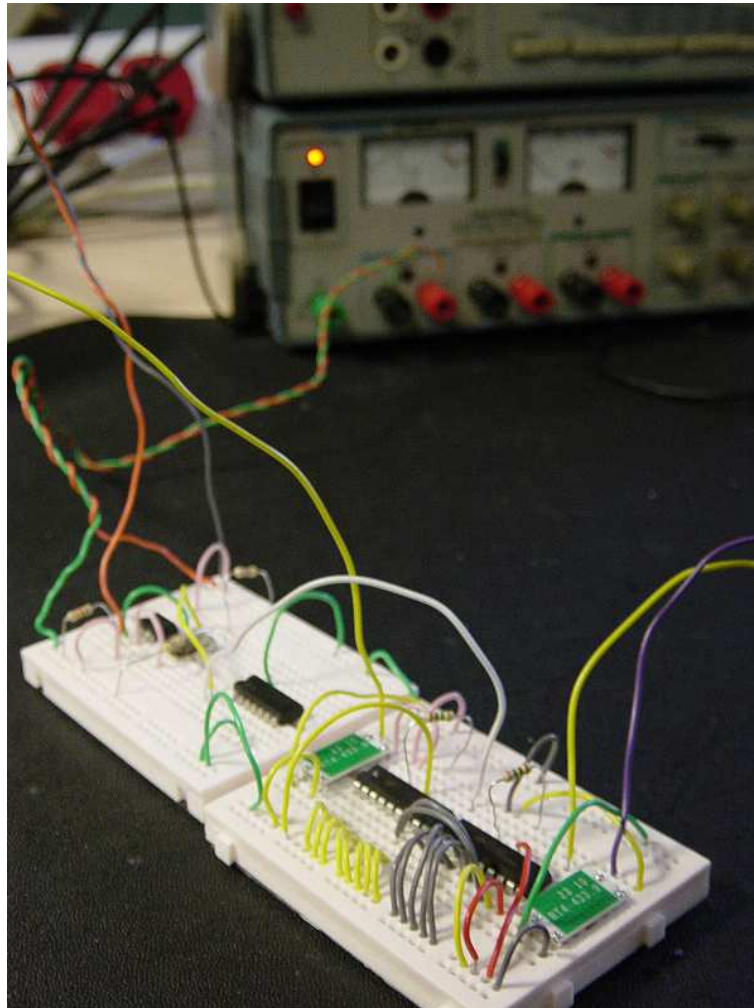


Figura 3.12 Sensor detector de luz con transmisión de RF

Experimento 8: Comprobación del funcionamiento de la Unidad de Control

Una vez que fue fabricada la placa de circuito impreso (PCB) de la Unidad de Control y soldados todos los componentes, se hizo un test de funcionamiento tanto de la función manual como del funcionamiento automático. Los resultados de este experimento son detallados en el Capítulo 5 *Resultados y limitaciones*.

3.3 Integración del Sistema

3.3.1 Introducción

El sistema de detección de fallos puede dividirse en tres partes: el sensor detector de luz que va incorporado en cada lámpara, el interruptor crepuscular y la Unidad de Control donde se ubica el Microcontrolador, el cual recibe de manera inalámbrica las señales procedentes de los todos los sensores. La figura 3.13 muestra un diagrama de bloques general del conjunto de elementos que componen el sistema desarrollado.

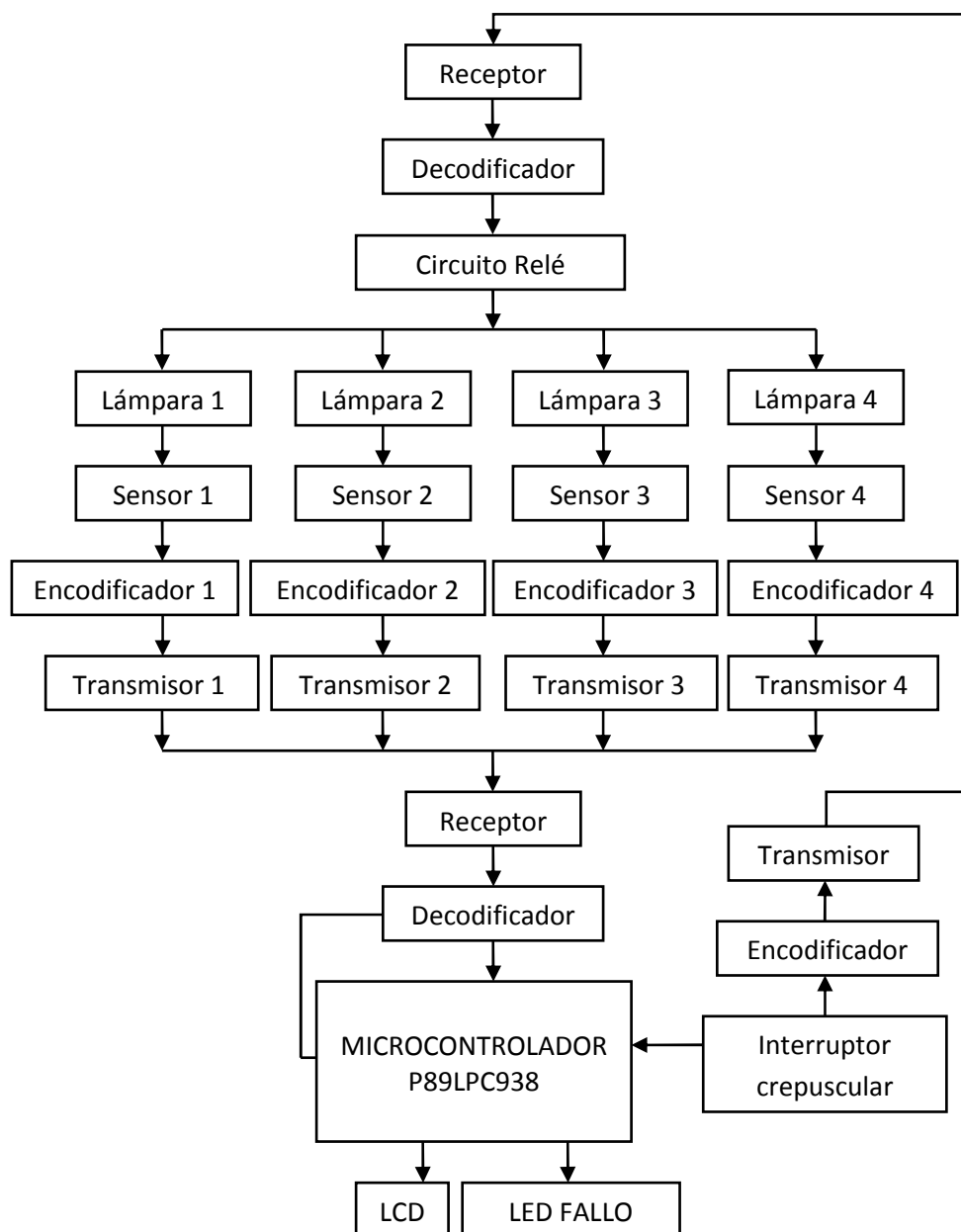


Figura 3.13 Diagrama de bloques del sistema

3.3.2 Las Lámparas

La maqueta usada para realizar las simulaciones consta de cuatro portalámparas con bombillas de 12 V, 45 W y cuatro interruptores que activan cada una de las lámparas. Aunque en nuestra simulación las lámparas son activadas automáticamente dependiendo del nivel de luz que incide sobre la fotorresistencia del interruptor crepuscular, los interruptores integrados en la maqueta fueron utilizados para controlar manualmente el encendido y apagado de cada lámpara y permitir así la simulación de los distintos casos de fallo posibles. La figura 3.14 muestra el juego de lámparas usado durante la simulación.



Figura 3.14 Juego de lámparas

En una aplicación real, el suministro eléctrico es típicamente 220 V en la mayor parte de Europa. En esta simulación las lámparas son alimentadas por un generador de 12 V AC para prevenir cualquier riesgo de accidente o daño que pudiera ocurrir trabajando a la tensión de 220 V pero este sistema podría ser perfectamente adaptado para una aplicación real con una red eléctrica de 220 V.

3.3.3 El interruptor crepuscular

Este circuito ha sido dividido en dos partes para poder explicarlo de una manera más concisa, el circuito 1 que contiene la fotorresistencia y el amplificador operacional y el circuito 2 que incluye el relé de activación de las lámparas.

Circuito 1: Interruptor crepuscular

Este circuito está integrado en la placa de la Unidad de Control y requiere una fotorresistencia (LDR), unas resistencias estándar, el amplificador operacional LM358N que actúa de comparador y un potenciómetro. Este circuito se muestra en la figura 3.15 que viene a continuación.

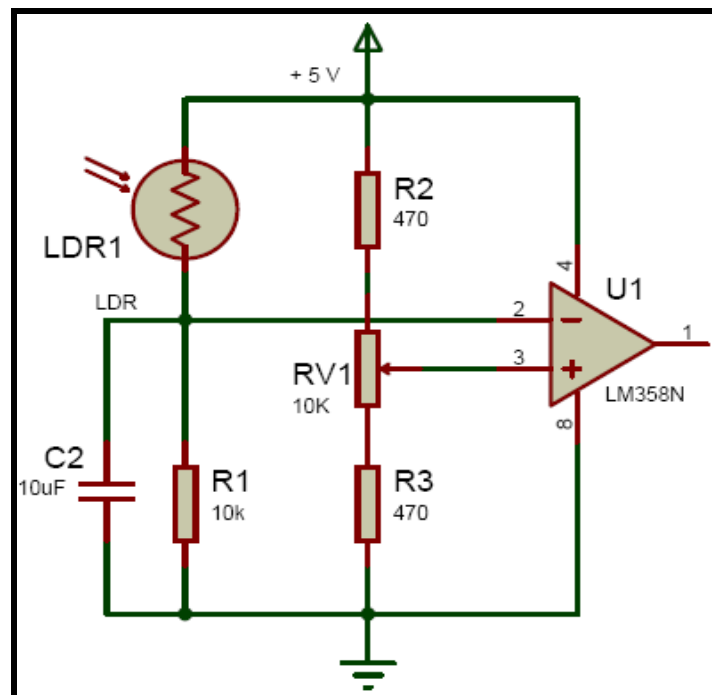


Figura 3.15: Interruptor crepuscular, circuito 1

En las entradas del amplificador operacional hay dos divisores de tensión, uno formado por las resistencias R2, R3 y el potenciómetro RV1, que es usado para ajustar el nivel de oscuridad requerido para activar las lámparas. El otro divisor de tensión está formado por la resistencia R1 y la fotorresistencia (LDR).

La tensión de salida del amplificador operacional será cerca de +Vcc (en este caso aproximadamente 5 V) cuando la tensión en V_+ es mayor que en V_- , por el contrario, la tensión de salida será aproximadamente 0 V cuando la tensión en V_+ sea menor que en

V_- . La tensión en V_+ es un valor fijo ajustado por el potenciómetro, sin embargo el valor de la tensión en V_- es variable dependiendo de la incidencia de luz sobre la fotorresistencia (LDR) debido al cambio en el valor de su resistencia.

La salida del amplificador operacional está conectada a la entrada número 1.4 del microprocesador. Esta entrada proporciona la señal al Microcontrolador para determinar cuando las lámparas deben estar encendidas o apagadas.

La fotorresistencia debe ser colocada en un sitio donde pueda recibir perfectamente la incidencia de la luz natural. Por esta razón la LDR ha sido conectada a la Unidad Central con cables de aproximadamente 30 cm de longitud, lo que facilita la colocación en su óptima posición.

Circuito 2: Relé de activación

Ésta es el circuito que complementa el interruptor crepuscular. Requiere un relé, un diodo convencional, un transistor y algunas resistencias convencionales como muestra la figura a continuación:

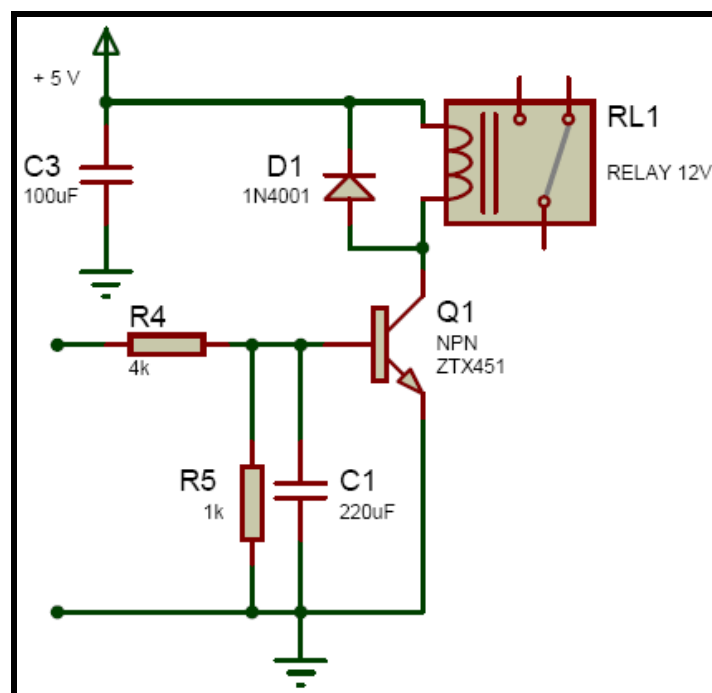


Figura 3.16: Circuito 2: Relé de activación del Interruptor Crepuscular

El encendido de las lámparas es controlado por este circuito. Cuando hay suficiente luz, el relé está abierto y las lámparas permanecen apagadas. Cuando el nivel de luz

disminuye, el relé es activado por la señal procedente de la salida del amplificador operacional, el relé se cierra y las lámparas se encienden.

El diodo D1 previene al relé de posibles corrientes inversas cuando está funcionando. El transistor NPN ZTX451 debe ser escalado con la suficiente ganancia y con la corriente requerida por la bobina del relé para permitir la conmutación del relé.

En la figura 3.17 se muestra el circuito completo del Interruptor Crepuscular compuesto por los dos circuitos explicados anteriormente. En la aplicación final ambos circuitos están integrados de forma separada, un módulo transmisor RF es conectado al circuito 1 y por otra parte, un módulo receptor RF es conectado al circuito 2. Esta disposición lo que permite es controlar el accionamiento de las lámparas de manera remota.

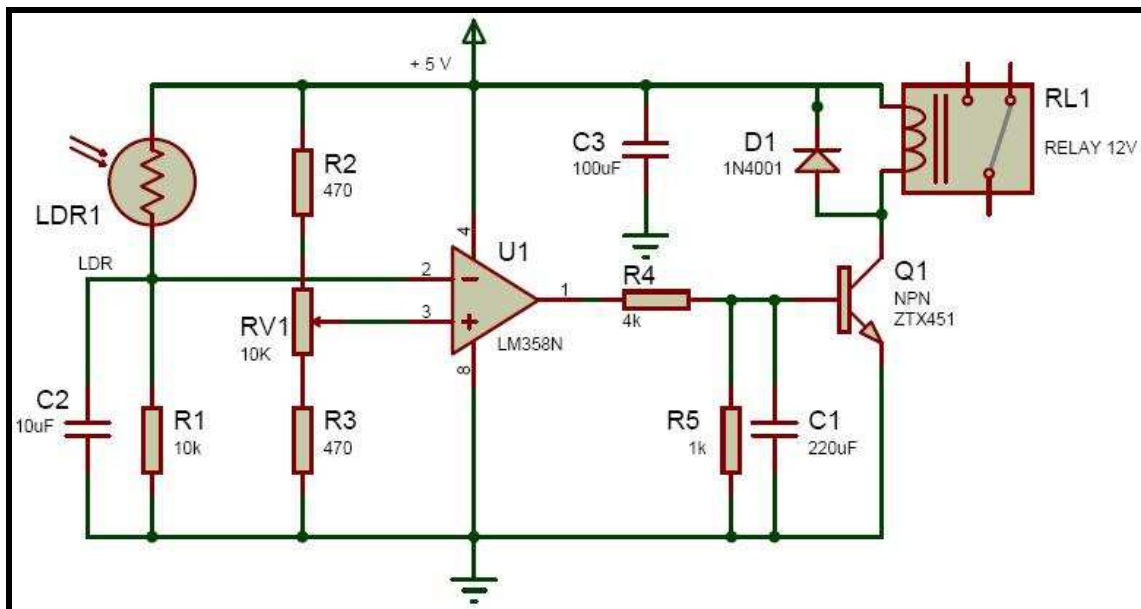


Figura 3.17 Interruptor Crepuscular

Un módulo transmisor R.F es empleado para enviar los datos de cada sensor detector de luz colocado próximo a cada lámpara haciendo de interfaz entre los sensores y la Unidad de Control donde se ubica el módulo receptor RF. Por otro lado, la transmisión de radiofrecuencia se ha empleado también para activar las lámparas automáticamente y sin necesidad de cableado. Ambas aplicaciones pueden ser divididas en las siguientes partes, analizando el circuito transmisor y el circuito receptor separadamente:

- Interruptor Crepuscular (circuito transmisor)
- Interruptor Crepuscular (circuito receptor)

- Sensor detector de luz (circuito transmisor)
- Sensor detector de luz (circuito receptor)

Interruptor Crepuscular (circuito transmisor)

Como muestra la figura 3.18, el circuito transmisor está compuesto por la parte correspondiente al interruptor crepuscular, un encodificador, el módulo transmisor RF, la resistencia R4 de 1 M Ω que permite la oscilación, un interruptor DIP-8 y la antena.

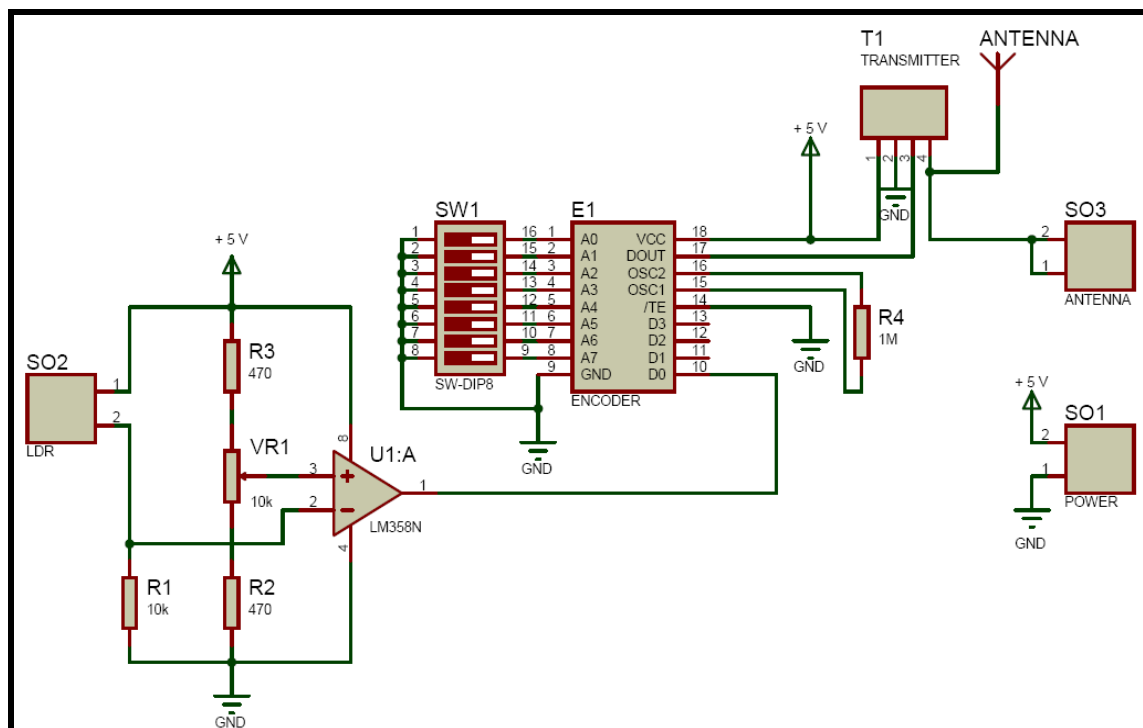


Figura 3.18 Interruptor crepuscular (circuito transmissor)

El interruptor crepuscular es instalado independientemente con su propio transmisor y receptor RF conectados directamente al codificador y decodificador respectivamente.

El circuito transmisor del interruptor crepuscular se encuentra ubicado en la placa de la Unidad de Control para poder conectar directamente la salida del amplificador operacional al Microcontrolador como entrada en el pin 4 del puerto 1. Esta entrada proporciona la señal que indica al micro cuando las lámparas deben estar encendidas o apagadas y su estado es mostrado a través de los diodos LED que contiene la Unidad de Control.

El encodificador recibe la señal del amplificador operacional, en este caso la tensión de salida será aproximadamente $+V_{cc}$ cuando la incidencia de luz sobre la fotorresistencia es baja y cercana a 0 V cuando la incidencia de luz sobre la fotorresistencia es alta. Esta información es recibida por el encodificador en el pin 10 (D0), como muestra la figura 3.18 y el transmisor envía la señal al circuito receptor, responsable del activado de las lámparas.

Interruptor Crepuscular (circuito receptor)

La señal emitida por el transmisor es recibida por el módulo receptor RF a través de su antena receptora. La dirección seleccionada con el interruptor DIP-8 conectado al encodificador RF debe coincidir con la dirección seleccionada en el receptor para que la transmisión sea posible. Si ambas direcciones coinciden, el receptor recibe la señal y es transmitida al decodificador. La señal es finalmente extraída en la salida de datos del decodificador, en el pin 10 (D0). Este pin es conectado al circuito del relé de activación.

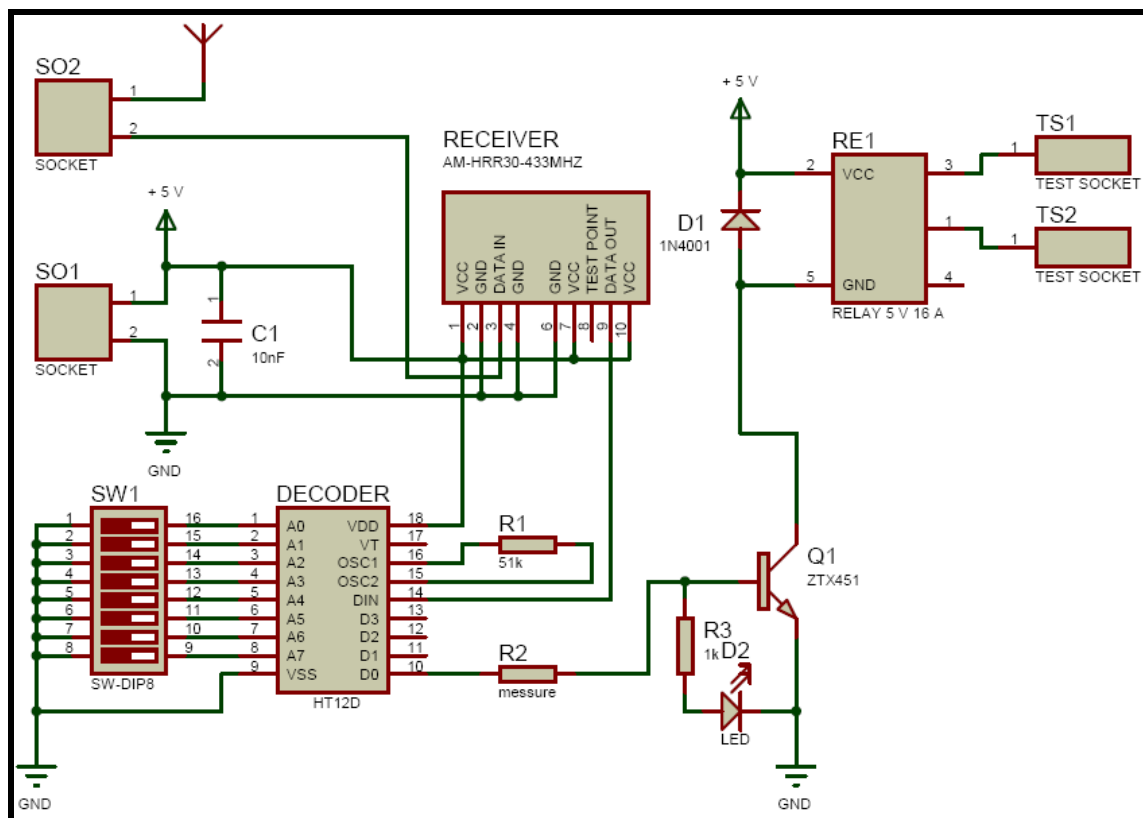


Figura 3.19 Interruptor Crepuscular (circuito receptor)

Cuando hay luz, la tensión de salida recibida en D0 es 0 V, el relé permanece abierto y las lámparas por consiguiente se mantienen apagadas. Cuando anochece y la incidencia

de luz descende del nivel establecido, la tensión de salida recibida es aproximadamente $+V_{cc}$, entonces el relé se cierra y las lámparas se encienden, alimentadas a través del generador de 12 V AC mostrado en la figura siguiente.



Figura 3.20 Generador 12 V AC

Para transmitir la señal entre el transmisor y el receptor, como se ha mencionado anteriormente, el codificador y el decodificador deben ser configurados con la misma dirección. La dirección individual de cada lámpara y del interruptor crepuscular pueden ser elegidas por el usuario por medio de un bloque de interruptores dip conectado directamente a los pines de dirección del codificador, estos pines pueden ser conectados a $+V_{cc}$, masa o dejados abiertos para establecer una dirección diferente para cada transmisor. Para la simulación de 4 lámparas y el interruptor crepuscular solamente son requeridas 5 direcciones, una dirección para cada transmisor de RF

La labor del codificador es recoger los datos que se reciben de manera paralela en los 4 pines D0-D3 y convertirlos en una señal serie adecuada para los módulos de radiofrecuencia. El transmisor toma estos datos del codificador, los modula y los transmite a través de la antena. Esta señal es recibida por la antena receptora y en caso de que la dirección del transmisor coincida con la del receptor, éste procesa la señal y transfiere los datos en serie al decodificador. El decodificador finalmente vuelve a

convertir los datos de serie a paralelo tal y como fueron recibidos en el encodificador de origen.

Tras los experimentos realizados en protoboard se mandó construir la PCB del circuito. La figura de abajo muestra una fotografía de la PCB construida para el interruptor crepuscular correspondiente al lado del receptor RF junto con el relé de activación.

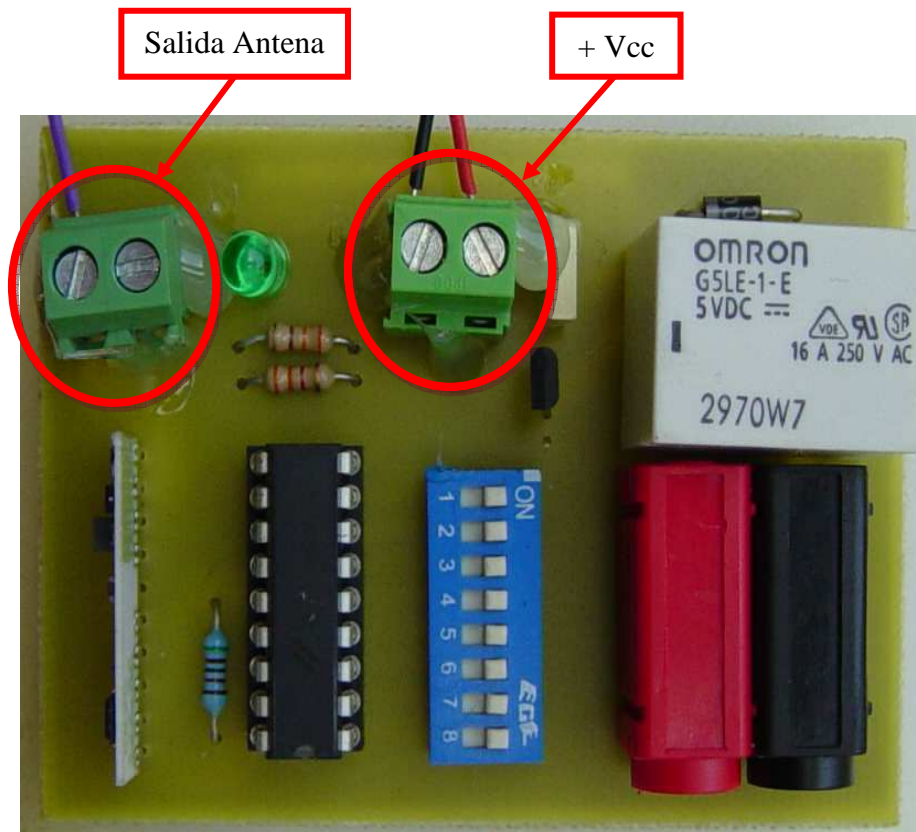


Figura 3.21 Fotografía del interruptor crepuscular fabricado (circuito receptor)

3.3.4 Sensor detector de luz

Sensor detector de luz (circuito transmisor)

El circuito para la construcción del sensor detector de luz es prácticamente el mismo que para el interruptor crepuscular, la única modificación en el lado transmisor es el intercambio de posición entre la resistencia de 10k (R1) y la fotorresistencia (LDR). El procedimiento para la transmisión radiofrecuencia en este caso es exactamente similar al desarrollado en el interruptor crepuscular.

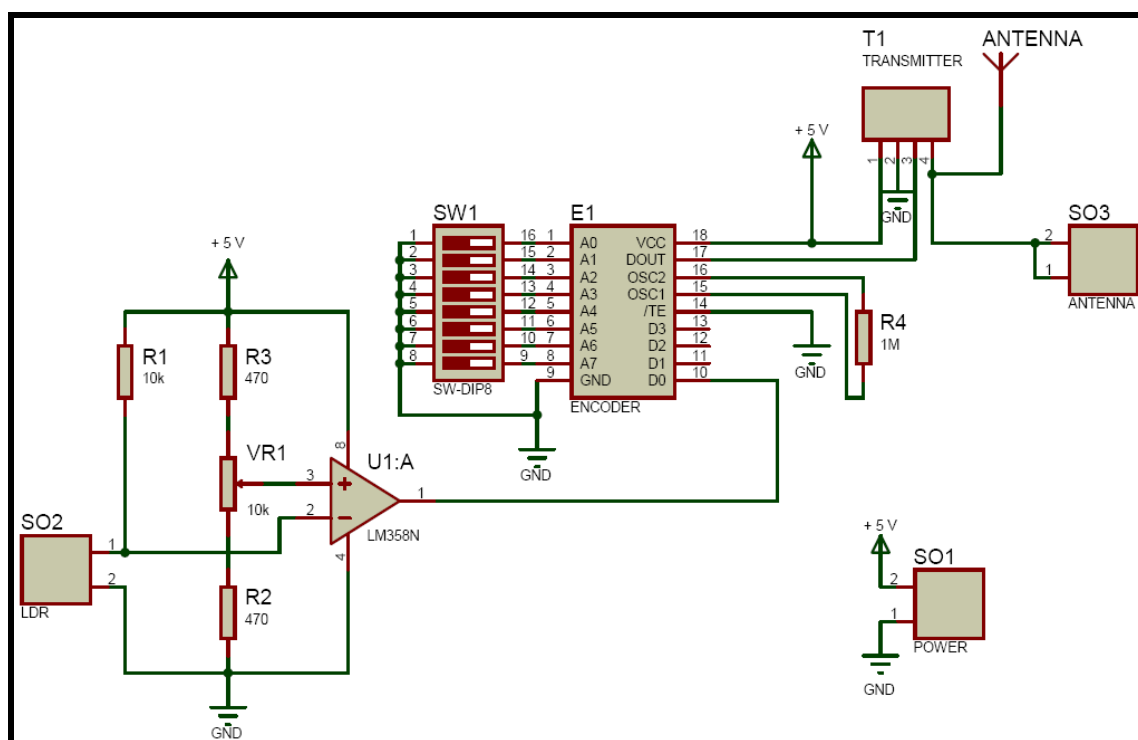


Figura 3.22 Sensor detector de luz (circuito transmisor)

La figura 3.22 muestra el diagrama esquemático del circuito correspondiente al sensor detector de luz para la lámpara número 1, donde la salida del amplificador operacional es conectada a la entrada del encodificador D0. El resto de las señales provenientes de los tres sensores restantes colocados en las lámparas son transmitidas a las entradas del encodificador D1, D2 y D3.

En la página siguiente la figura 3.23 muestra la PCB construida para cada sensor detector de luz. Fueron construidas 4 PCBs de este tipo, un sensor para cada lámpara. La única diferencia presente entre estas PCBs es la pista que va de la salida del

amplificador operacional al encodificador que, como se ha mencionado anteriormente, es a un pin diferente en cada caso (D0-D3).

La figura de abajo muestra el sensor detector de luz construido para cada lámpara. En este caso, la fotografía corresponde al sensor de la lámpara 3 codificada a través del interruptor dip con la dirección 0000 0100 como se puede apreciar en la fotografía.

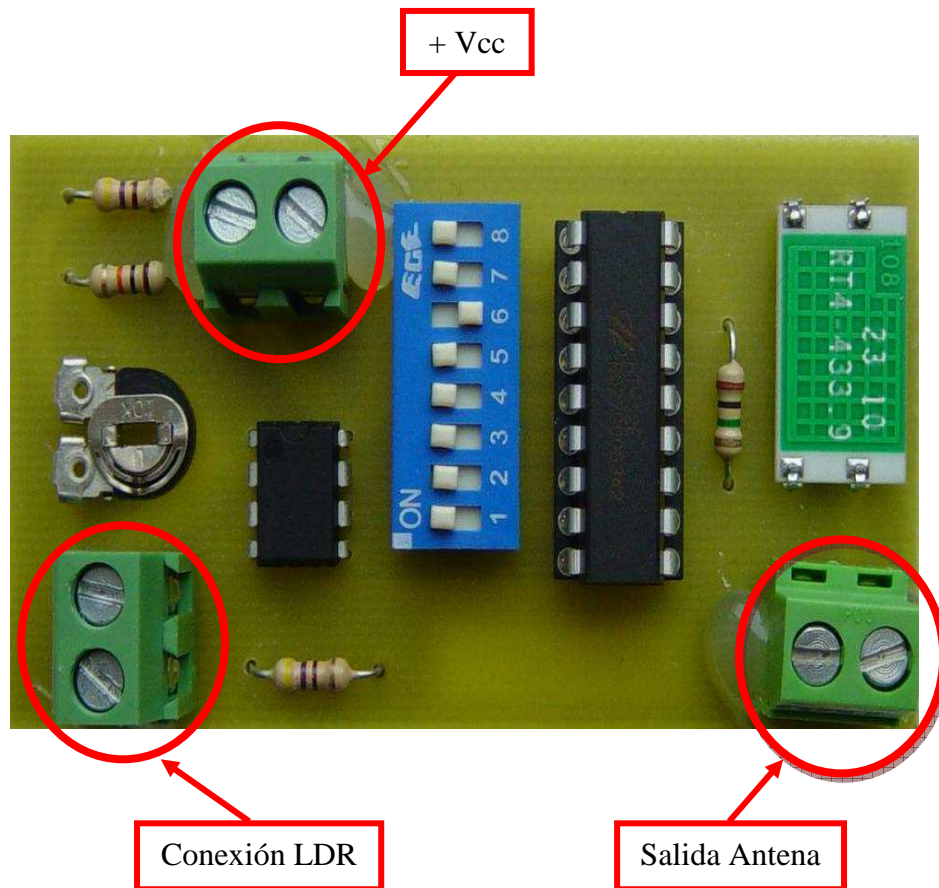


Figura 3.23 Fotografía del sensor detector de luz fabricado (circuito transmisor)

Sensor detector de luz (circuito receptor)

El circuito receptor encargado de recibir las señales de los 4 sensores se encuentra ubicado en la Unidad de Control. Las señales son recogidas por el receptor RF a través de su antena, del receptor pasan al decodificador y de éste al Microcontrolador. Como muestra la figura 3.24, los pines de direcciones del decodificador (D0-D3) son conectados directamente al Microcontrolador (NXP P89LPC938), programado para chequear el estado de cada lámpara en orden progresivo, una tras otra. Este chequeo continuo y ordenado solamente es posible cuando el modo automático es seleccionado en la Unidad de Control mediante un interruptor.

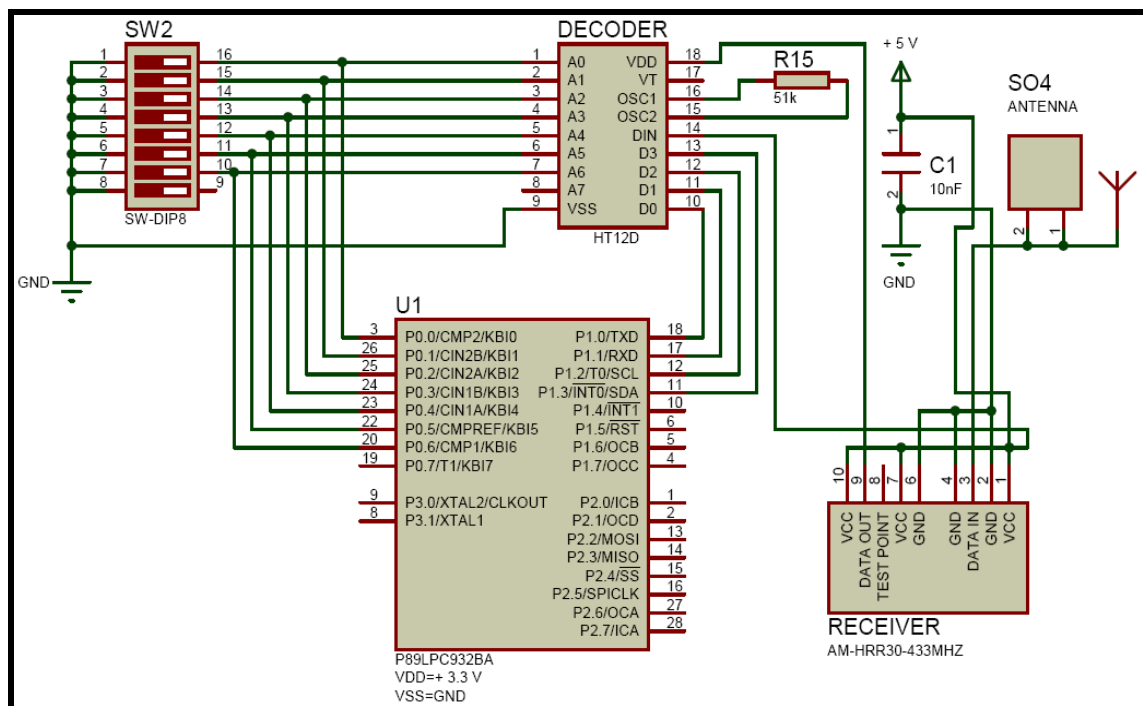


Figura 3.24 Sensor detector de luz (circuito receptor)

3.3.5 La Unidad de Control

La supervisión de las lámparas y por consiguiente la detección de fallos es monitorizada a través de la Unidad de Control fabricada. La Figura 3.25 muestra una fotografía de la Unidad de Control identificando sus partes más relevantes.

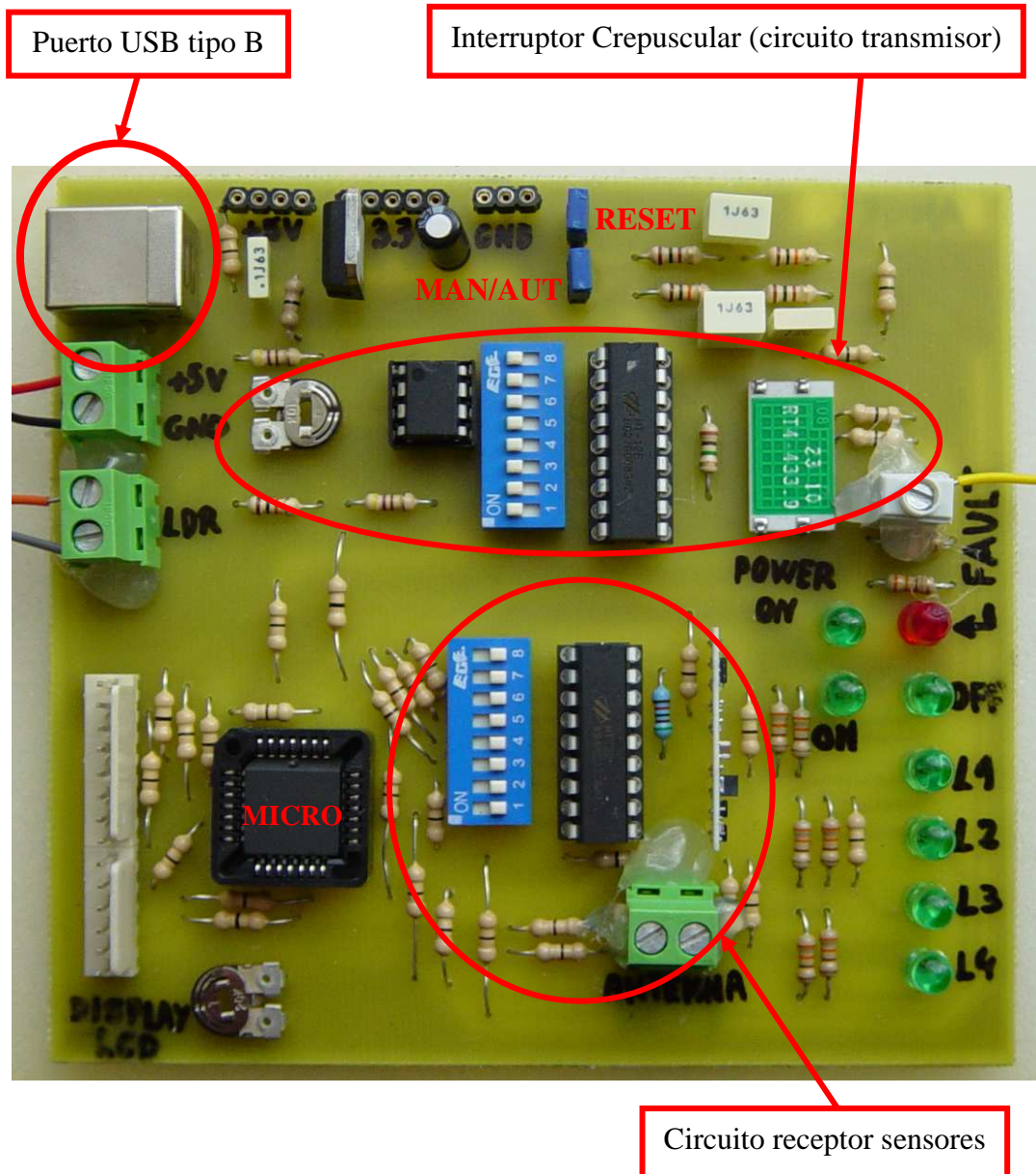


Figura 3.25 Fotografía Unidad de Control

- Tensión de alimentación: +5 V. Puede ser alimentado a través de un puerto USB tipo B o de una forma más rudimentaria mediante la salida de terminales habilitados para masa y alimentación de +5 V. El microprocesador es alimentado a +3.3 V, por esta razón la placa integra un regulador de tensión de

3.3 V. El resto de los componentes electrónicos que forman la Unidad de Control son alimentados a +5 V.

- Los diodos LED verdes etiquetados como L1, L2, L3 y L4 representan el estado de las 4 lámparas. Si el LED está encendido, indica que la lámpara está funcionando correctamente. Si alguno de los diodos LED está apagado significa que hay un fallo en la lámpara correspondiente.
- El diodo LED rojo etiquetado como “FAULT” se encenderá cuando se produce un fallo en alguna de las lámparas.
- El diodo LED con la etiqueta de “POWER ON” se enciende en el momento que arranca el sistema.
- Los diodos LED etiquetados como “ON” y “OFF” indican cómo deben estar las lámparas de acuerdo al nivel de luz recibida en la fotorresistencia. Si “ON” está encendido significa que el nivel de luz que recibe la fotorresistencia es bajo y por tanto las lámparas deben estar encendidas. Si por el contrario luce el LED “OFF” significa que el nivel de luz sobre la fotorresistencia es suficiente, por tanto las lámparas deben permanecer apagadas.
- Un conector de 14 pines fue incluido para conectar un display LCD si el usuario lo desea y visualizar así notificaciones referentes a los fallos y el estado de las lámparas.
- El conector tipo jumper etiquetado como “RESET” habilita el reset del sistema y el etiquetado como “MAN/AUT” permite la selección de los modos manual y automático.
- En la Figura 3.25 aparecen señaladas las partes más relevantes de la Unidad del Control como son el circuito transmisor del interruptor crepuscular y el circuito receptor que recoge las señales provenientes de los sensores.

En la siguiente página se muestra el diagrama esquemático de la Unidad de Control.

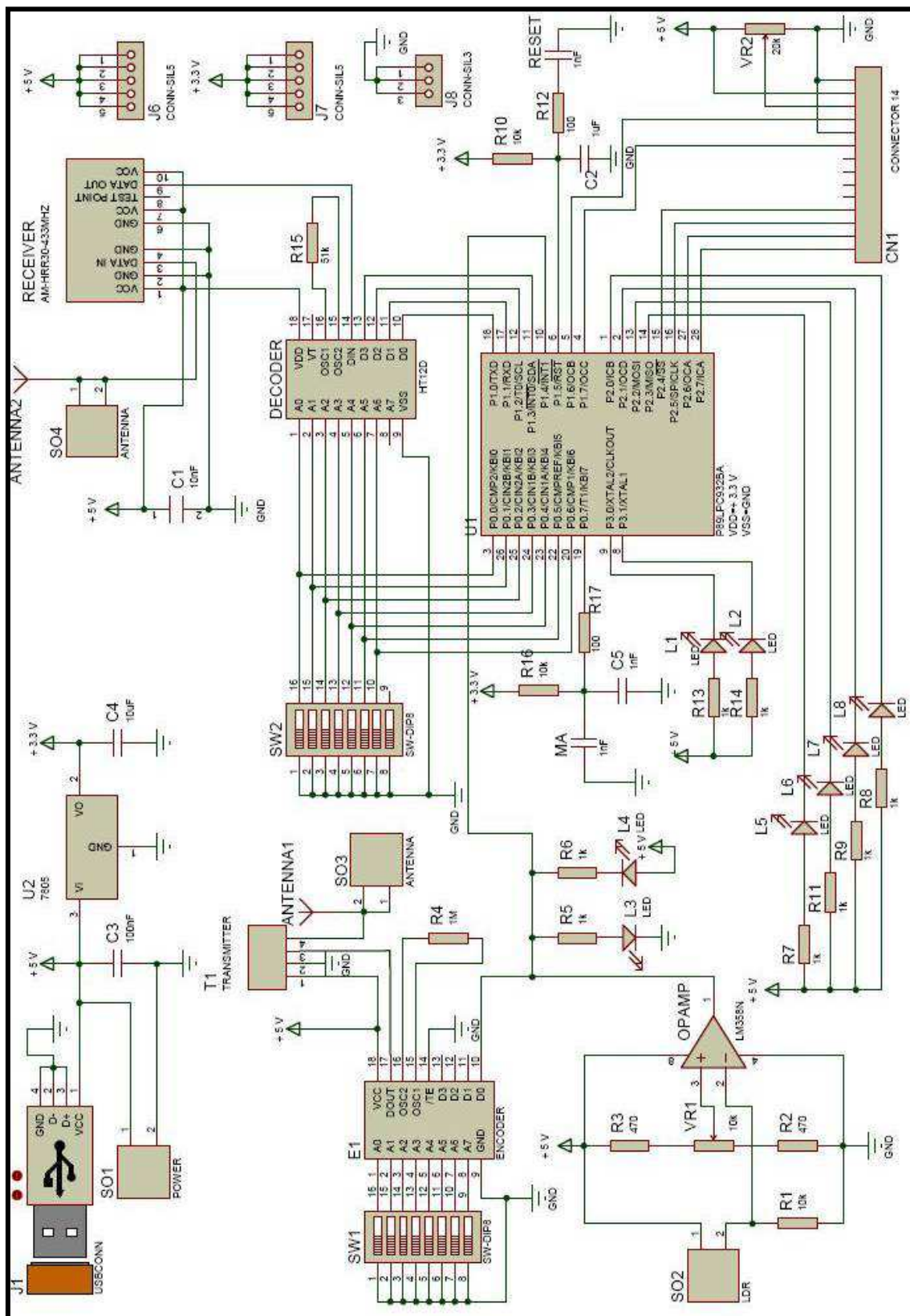


Figura 3.26 Diagrama esquemático Unidad de Control

Capítulo 4: Diseño del Software

4.1 Introducción

El código fuente ha sido programado en lenguaje C usando el programa Keil uVision 4, haciendo uso de la herramienta “debug”, que permite hacer simulaciones del programa, monitorizando todos los puertos del Microcontrolador. Mediante esta herramienta el programa puede ser simulado y comprobar que funciona como es debido antes de ser transferido al Microcontrolador.

Como se mencionó anteriormente en la sección 3.1.3, el Microcontrolador utilizado para procesar nuestro detector de fallos es el P89LPC938FA de NXP Semiconductors (Philips). Para transferir el programa desde el Keil uVision al Microcontrolador se utilizó la tarjeta de evaluación Keil MCB900. A continuación se muestra una fotografía de esta tarjeta.

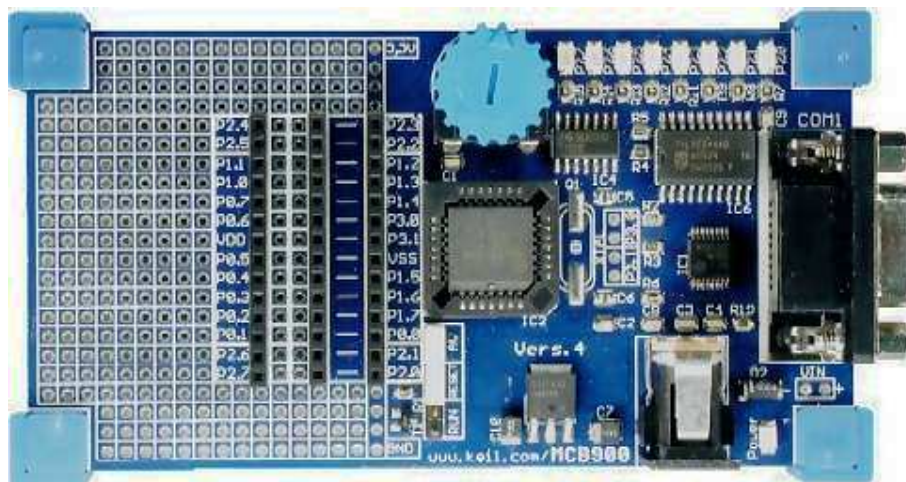


Figura 4.1 Keil MCB900 evaluation board

4.2 Microcontrolador: Configuración de los puertos

Como hemos visto en el capítulo anterior, el Microcontrolador se encuentra instalado en la Unidad de Control. El micro dispone de 4 puertos, de P0 a P3, a continuación se especifica el uso que se ha hecho de cada uno de ellos con sus pines correspondientes:

P0.0 a P0.6: Configurados como salidas. En el modo automático el programa manda a través de estos pines las direcciones establecidas al decodificador para poder comunicar progresivamente con los encodificadores ligados a cada transmisor RF.

P0.7: Configurado como entrada. El conector tipo jumper etiquetado como MAN/AUT está conectado a este pin para habilitar los modos manual o automático.

P1.0 a P1.3: Configurados como entradas. El Microcontrolador recibe los datos desde el decodificador para proporcionar al micro el estado de las lámparas.

P1.4: Configurado como entrada. A través de este pin el micro recibe la señal del interruptor crepuscular mediante su conexión con la salida del amplificador operacional.

P1.5: Este pin está reservado para la función de RESET, activada mediante un conector tipo jumper.

P1.6, P1.7 y P2.4 a P2.7: Estos pines están reservados para conectar un display LCD a la Unidad de Control.

P2.0 a P2.3: Configurados como salidas. Están conectados con los diodos LED L1-L4, indicadores del estado de las lámparas.

P3.0: LED verde. Indicador de sistema encendido (power on).

P3.1: LED rojo. Indicador de fallo.

4.3 Análisis: Diagramas de flujo

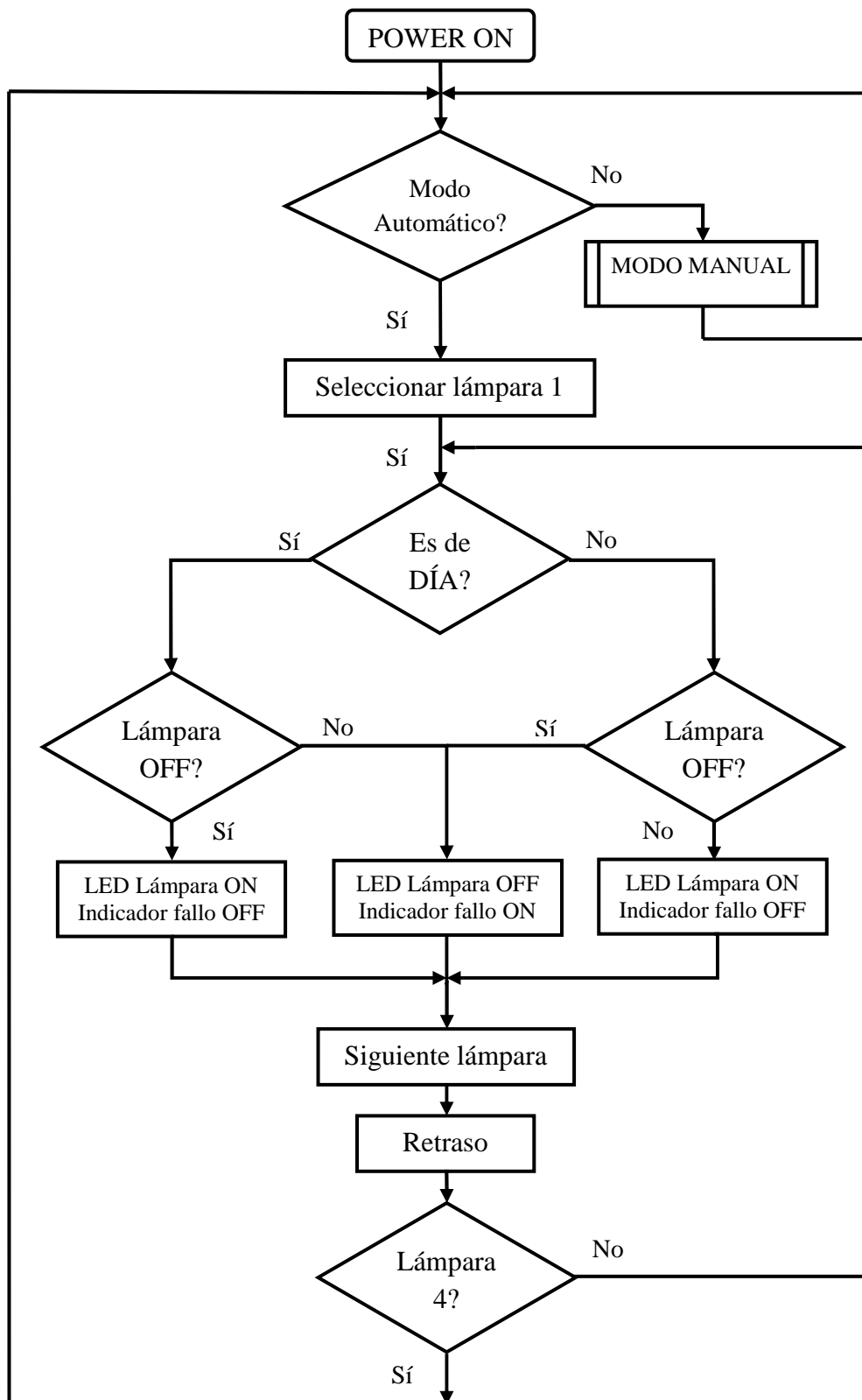


Figura 4.2 Diagrama de flujo del programa

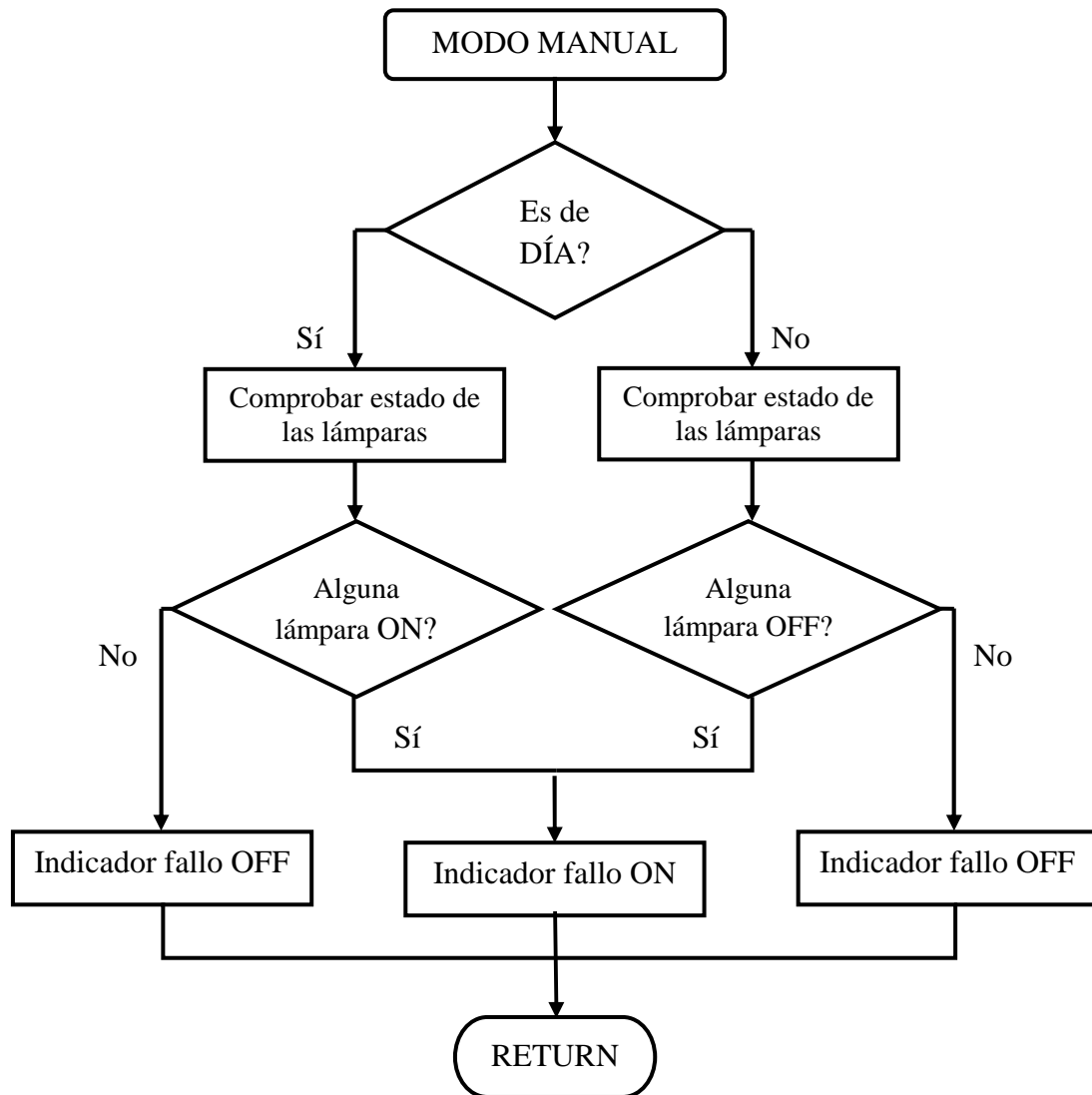


Figura 4.3 Diagrama de flujo modo manual

4.4 Modo manual y automático

La Unidad de Control posee dos conectores tipo “jumper” en la parte superior. Uno de ellos es el “RESET” y el otro es definido como “MAN/AUT” y habilita los dos modos de operación. La base del conector es de 2 pines, si introducimos el jumper activamos el modo automático, si por el contrario se extrae el jumper o se deja puesto en un solo pin, se activa el modo manual.

Modo Manual:

El usuario selecciona la dirección (código) de la lámpara que desea chequear a través del conector dip-8 que está conectado al decodificador en la Unidad de Control. Cada lámpara tiene su propio sensor detector de luz con un transmisor RF y un encodificador con una dirección asignada. Las direcciones configuradas para las cuatro lámparas son las siguientes:

| Número Lámpara | Dirección (código) |
|----------------|--------------------|
| Lámpara 1 | 0000 0001 |
| Lámpara 2 | 0000 0010 |
| Lámpara 3 | 0000 0100 |
| Lámpara 4 | 0000 1000 |

Tabla 4.1 Direccionamiento de las lámparas

Como el conector dip tiene 8 interruptores, hay $2^8 = 256$ combinaciones posibles para codificar los sensores. En nuestro programa, solamente son utilizados 7 interruptores del conector dip, por tanto serían posibles: $2^7 = 128$ combinaciones diferentes.

Modo Automático:

En este modo de operación, el Microcontrolador (NXP P89LPC938) es programado para chequear las lámparas de una en una. Este proceso es automático, el micro a través de su puerto 0 está conectado directamente con las entradas de direccionamiento del decodificador (A0-A6) y va sacando progresivamente las diferentes direcciones de los sensores, permitiendo la comunicación entre el micro y los sensores y visualizando el

estado de los mismos. En caso de fallo de alguna de las lámparas, permanecerá el indicador de fallo (LED rojo) encendido hasta que la lámpara en cuestión sea reparada.

El código fuente del programa se adjunta en el Anexo 1.

Capítulo 5: Resultados y limitaciones

Una vez fabricados los sensores y la Unidad de Control, se realizó la comprobación de su funcionamiento. La maqueta con las lámparas fue colocada en un puesto de trabajo del laboratorio y los sensores detectores de luz fueron posicionados cerca de cada lámpara para asegurar su correcto funcionamiento. Por otro lado, la Unidad de Control se situó en un puesto de trabajo diferente a unos 8 metros de distancia.

Varias pruebas fueron realizadas, simulando los diferentes casos que se pudieran dar en el sistema. Primero se llevó a cabo la prueba del modo manual. En este modo de operación las lámparas son chequeadas de manera independiente. Para probar que todos los sensores funcionaban se fue seleccionando manualmente la dirección de cada lámpara en la entrada de direccionamiento del decodificador por medio de los interruptores dip.

Mediante la fotorresistencia del interruptor crepuscular fabricado se comprobó la activación automática de las lámparas. Inicialmente se cubrió la LDR y las lámparas se encendieron automáticamente. En el DVD adjunto con este informe se incluyen algunos videos que muestran estas pruebas realizadas.

En la maqueta utilizada cada lámpara posee su propio interruptor. Estos interruptores fueron usados para poder controlar las lámparas manualmente y de forma independiente al control automático y simular así los fallos. De esta forma el procedimiento y los resultados para este test fueron los siguientes:

- Al cubrir la fotorresistencia las lámparas se activaron automáticamente por medio del interruptor crepuscular.
- Se seleccionó manualmente la dirección para la primera lámpara mediante los interruptores dip conectados a la entrada de direcciones del decodificador.

- En la condición inicial el LED 1, correspondiente con la lámpara 1, al cubrir la LDR se encendió lo que indica que la lámpara está encendida y por tanto que su estado es el correcto.
- El siguiente paso fue simular un fallo apagando la lámpara mediante su interruptor manual. Al accionar el interruptor el LED 1 correspondiente a esa lámpara se apagó y el LED rojo (indicador FAULT) se encendió indicando que se ha producido un fallo en la lámpara.

El mismo ensayo fue realizado con el resto de las lámparas simplemente cambiando la dirección en el decodificador y simulando fallos a través de los interruptores manuales de las lámparas.

Por otro lado se probó también el modo manual manteniendo la fotorresistencia descubierta con la consiguiente desconexión automática de las lámparas. El procedimiento seguido para este ensayo fue similar al descrito anteriormente para el caso de la fotorresistencia cubierta, probando cada una de las lámparas y contrastando las indicaciones de la Unidad de Control.

Con la fotorresistencia descubierta el relé de activación se encuentra abierto y por tanto no es posible encender las lámparas ni siquiera mediante sus propios interruptores, por este motivo, para simular los fallos en esta situación se hizo uso de una linterna. Cuando estando apagadas las lámparas, se enfoca a uno de los sensores con la linterna, el LED correspondiente a esa lámpara se apaga indicando su fallo y simultáneamente el LED rojo indicador de fallos se enciende.

Después de los ensayos realizados en el modo manual se pasó a comprobar el modo automático. Como se mencionó anteriormente, este modo de operación se activa simplemente introduciendo el jumper en el conector etiquetado como “MAN/AUT”.

En este modo de operación no se usan los interruptores dip conectados al decodificador, es el propio Microcontrolador el que direcciona de manera automática cada lámpara y evalúa su estado.

El procedimiento seguido durante este ensayo es similar al explicado anteriormente para el modo manual pero en este caso la supervisión se realiza de una manera más dinámica chequeando las cuatro lámparas de manera continua, a diferencia del modo manual que

únicamente puede chequear una sola lámpara cada vez. Los pasos ejecutados en este ensayo fueron los siguientes:

- Cubrir la fotorresistencia. Se produce la activación automática de las lámparas.
- Simular fallos accionando cualquiera de los interruptores independientes de las lámparas.
- Dejar la fotorresistencia al descubierto produciéndose la desconexión automática de las lámparas.
- Usar la linterna para la simulación de fallos en esta situación.

En las condiciones iniciales, con la fotorresistencia cubierta, los LED L1-L4 se encuentran encendidos al igual que el indicador etiquetado como “ON”, este estado verifica que las lámparas están funcionando correctamente. Al simular un fallo, el LED correspondiente a la lámpara que falla se apaga y al mismo tiempo el LED rojo de la Unidad de Control se enciende. De esta forma obtenemos aviso visual de que se está produciendo un fallo y de qué lámpara en concreto está fallando.

En este modo de operación el estado de las lámparas es chequeado automáticamente casi en tiempo real. Simplemente hay que tener en cuenta el retardo de ciertos segundos incluido en el programa entre una lámpara y otra. Este retardo se ha incluido para garantizar una buena sincronización entre los encodificadores y el decodificador. Este retardo no es problemático ya que se considera que aunque el sistema tarde ciertos segundos en detectar un fallo no es relevante.

El sistema tal y como se ha programado tiene una serie de limitaciones. La Unidad de Control es capaz de detectar fallos en las lámparas en tiempo real pero una lámpara puede fallar solamente durante un corto periodo de tiempo o temporalmente durante unas condiciones específicas de operación y el fallo no queda registrado. Este tipo de fallos sólo podrían ser controlados con una observación permanente del panel de control. Podría solucionarse este problema incorporando una memoria externa que almacenase todas estas incidencias para que el operario pudiera detectar este tipo de fallos, por ejemplo, cuando una lámpara parpadea debido a una mala conexión eléctrica. En estos casos el Microcontrolador debería cortar automáticamente la alimentación de

la lámpara que falla para corregir así el servicio y alargar la vida de las bombillas así como proteger el resto de los componentes electrónicos de la lámpara.

Solamente se ha programado la supervisión de cuatro lámparas pero podrían controlarse tantas lámparas como direcciones pueden seleccionarse en el bus de direcciones del decodificador. En tal caso habría que adaptar el programa al número de direcciones configuradas.

La visualización del estado de las lámparas a través de diodos LED no sería muy práctica en el caso de que se tuvieran que controlar un número elevado de lámparas. En ese caso se recomienda incorporar un display LCD a la Unidad de Control, para ello se ha incorporado un conector de 14 pines y la placa viene con las pistas configuradas para controlar la LCD a través del micro. Un display LCD ofrece muchas posibilidades para la monitorización de las lámparas y la configuración de mensajes de aviso.

Adicionalmente a las indicaciones visuales del panel de control, podría incluirse una indicación sonora conectando a una salida del micro un timbre o zumbador.

Como se indicó en el capítulo 3, sección 3.1.1 *Encapsulado del sensor*, los sensores deben ser protegidos de las condiciones externas, en el prototipo fabricado no se ha tenido en cuenta esta condición. En una aplicación real los sensores instalados en las lámparas deberían estar protegidos mediante un encapsulado, de la misma manera que la Unidad de Control debería ser introducida en un estuche, caja o armario industrial.

Convencionalmente la detección de fallos en los sistemas públicos de iluminación ha sido llevada a cabo por personal de los ayuntamientos quienes tenían que inspeccionar cada lámpara in situ. Esta inspección es extremadamente costosa e ineficiente porque una lámpara puede apagarse al poco tiempo de ser examinada o se pueden producir fallos temporales o específicos en unas condiciones determinadas y con este tipo de supervisión convencional es muy difícil de detectarlos.

Para asegurar un servicio eficiente, los fallos deben ser detectados inmediatamente para que las consiguientes reparaciones puedan realizarse lo antes posible. El fin por tanto de este proyecto es demostrar los beneficios que la automatización ofrece respecto a otras soluciones convencionales. La automatización en muchos casos ayuda a reducir costes y posibles fallos humanos aumentando así la calidad y la eficacia de la aplicación.

Capítulo 6: Ejemplos de automatización aplicados a un edificio empresarial

6.1 Introducción

En este capítulo se van a tratar unos casos prácticos en los que se controla de manera automática una serie de funciones aplicadas a un edificio empresarial.

Siguiendo en el ámbito de la iluminación, se incluye el caso de un control automático de la iluminación interior de una oficina, la programación del encendido y apagado de las luces exteriores que rodean a nuestro edificio y por otro lado el alumbrado de pasillos y escaleras tanto de una manera manual como automática por medio de detectores de movimiento, fotocélulas y programadores horarios.

Gracias al desarrollo de la electrónica de potencia, las nuevas interfaces de control y de los Controladores Lógicos Programables (PLC), han aparecido en el mercado equipos que realizan nuevas e innovadores funciones en los sistemas de iluminación. Estos nuevos sistemas automáticos de control están orientados a mejorar la calidad de vida de las personas y por otro lado a aumentar la eficiencia energética y reducir por tanto el consumo de electricidad.

El control automático de la iluminación funciona a partir de unos parámetros establecidos y normalmente se encuentran programados en función a las siguientes variables:

- Nivel de luz natural que se recibe
- Presencia de ocupación y tránsito de personas
- Horario previsto de ocupación y tránsito de personas

Existe una amplia gama de equipos capaces de detectar y controlar esos factores tanto los de iluminación como el control de persianas, luces de emergencia, alarmas de seguridad, etc. Cada módulo de control está compuesto por una red de sensores y dispositivos varios para realizar la monitorización de las condiciones de operación, el mantenimiento y la detección de fallos, información que luego es procesada por la central de control.

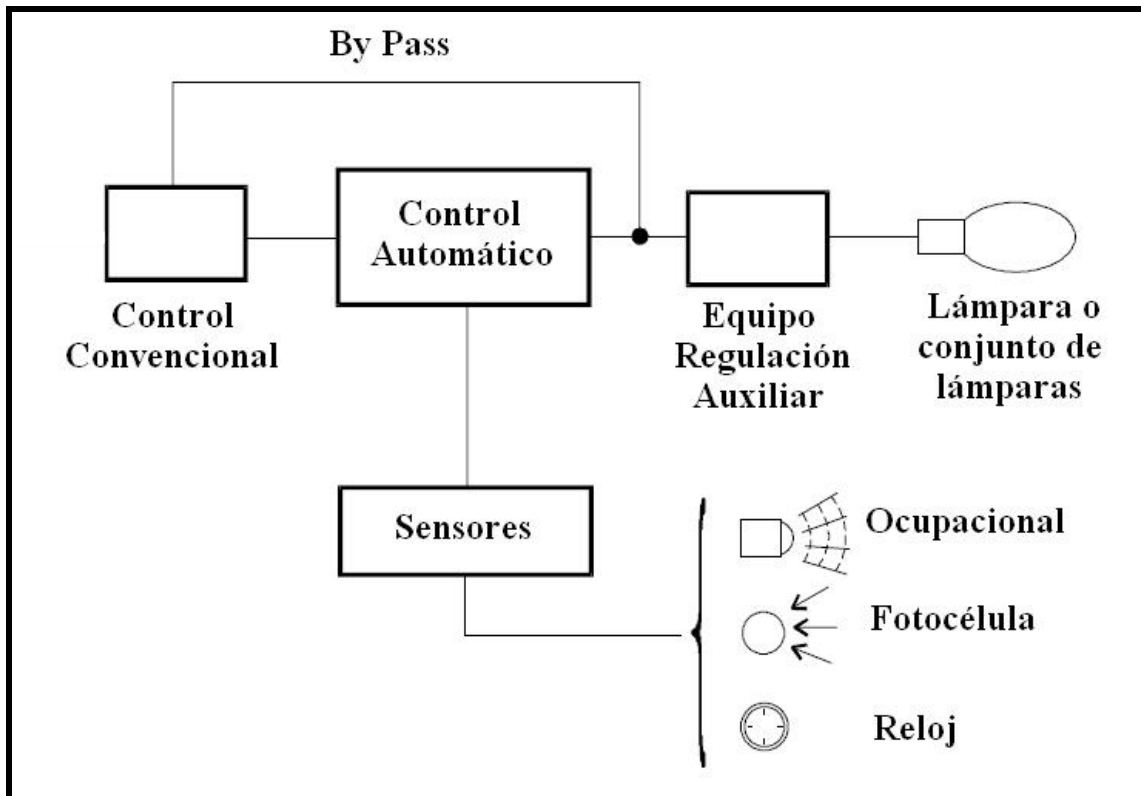


Figura 6.1: Esquema de un sistema automático de control de iluminación

La figura muestra esquemáticamente los elementos que constituyen un sistema automático de control de iluminación. El equipo de control actúa sobre un equipo auxiliar de regulación o directamente sobre las lámparas asociadas, pudiendo conmutar (encender o apagar) o bien atenuar la potencia de las mismas. El by-pass permite la anulación del control automático, recuperando el control manual. La acción de control se ejerce sobre una o varias luminarias, pudiendo ser:

- Con salida a interruptores (control ON-OFF)
- Con salida a atenuadores (regulación continua)

La finalidad de un sensor dentro de un sistema de control es evaluar la condición ambiente (incidencia de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Dentro de los sensores utilizados en el campo del control automático de iluminación se destacan:

- Sensor ocupacional / Detector de movimiento
- Interruptor crepuscular (fotocélula)

- Programadores horarios (reloj programable, reloj astronómico)

El sensor ocupacional ó detector de movimiento es un dispositivo que detecta la presencia de personas para realizar el consiguiente control. Estos dispositivos son similares a los que se usan en los sistemas de seguridad, los que se basan principalmente en dos tipos de tecnología: infrarrojos y ultrasonidos.



Detector de movimiento
(colocación en techo)



Detector de movimiento
(colocación en pared)

Figura 6.2: Detectores de movimiento para colocación en techo y pared

Como se explica en la sección 3.3.3 *El interruptor crepuscular*, un interruptor crepuscular o fotocélula es un dispositivo de control electrónico que permite encender, apagar e incluso variar el flujo luminoso de un sistema de iluminación en función de la iluminación detectada.



Figura 6.3: Interruptor crepuscular y sensor de luminosidad Siemens

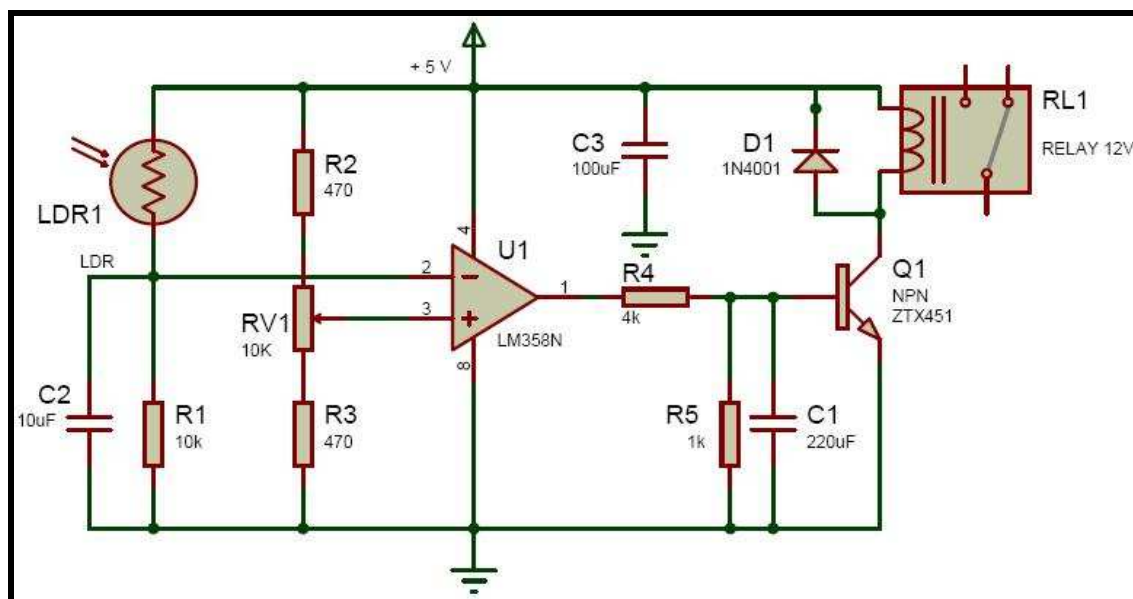


Figura 6.4: Esquema interruptor crepuscular explicado en la sección 3.3.3

A partir de interruptores horarios programables puede realizarse una programación en forma diaria, semanal, mensual o anual, establecer diferentes rangos horarios para diferentes estados. Estos dispositivos están indicados preferentemente para situaciones con una ocupación muy regular o una necesidad de iluminación durante un determinado tiempo.



Figura 6.5: Programadores horarios Siemens

Además de los casos relacionados con la iluminación se incluye un control automático de la puerta principal de acceso y de la ocupación del parking de tres plantas del que dispone nuestro edificio.

El controlador que vamos a utilizar para llevar a cabo todas estas funciones es el LOGO! de Siemens, está dentro de la familia de autómatas de Siemens como el elemento más básico para su utilización en aplicaciones sencillas dentro de la industria y sector terciario y residencial.

6.2 El controlador LOGO! de Siemens



Figura 6.6: Imagen de LOGO! con módulos de ampliación

El módulo lógico LOGO! es el autómata más sencillo de la familia Simatic de Siemens, representa una solución compacta para tareas de mando simples sustituyendo aparatos de maniobra mecánicos.

A través de LOGO! podemos prescindir de componentes auxiliares gracias a las funciones que lleva integradas. Ahorramos en cableado y se reduce por tanto el tiempo de trabajo de la instalación. Su pequeño tamaño le hace idóneo para ser instalado en armarios o zonas con espacio reducido. Otro de los beneficios que ofrece LOGO! respecto a soluciones tradicionales, es la posibilidad de añadir o cambiar funciones sin tener que instalar aparatos de maniobra adicionales ni modificar el cableado.

Hay diferentes versiones de LOGO!, la última versión es la 0BA7 que incorpora puerto Ethernet como se ilustrará más adelante. Por otro lado, también hay diferentes modelos dependiendo de su tensión de alimentación: 12/24 V DC, 24 V AC/DC, 115/230 V AC/DC.

6.3 Características principales de LOGO!

- 8 entradas digitales (en algunos modelos 4 de estas entradas pueden usarse como analógicas).
- 4 salidas de relé de 10 A.
- Programador horario integrado.
- 200 bloques de función interconectables.
- Ampliable modularmente.

El LOGO! dispone de una interfaz para conectar módulos de ampliación, ya sea de entradas y salidas digitales o analógicas, como también módulos de comunicación. Es posible configurar un máximo de 24 entradas y 16 salidas digitales y 8 entradas y 2 salidas analógicas.

También existe una versión de LOGO! para uso bajo condiciones ambientales extremas, es la variante SIPLUS. Esta variante existe en cada familia de autómatas de Siemens, disponemos por un lado de la versión estándar para condiciones normales y la variante SIPLUS, para condiciones más extremas. A continuación nombramos algunos datos técnicos que cumple la versión SIPLUS, en este caso referentes al LOGO!:

- Rango de temperatura ampliado de -40 °C a +70 °C . El rango de temperatura estándar para el cual está preparado el LOGO es de 0°C a 55°C.
- Utilización en presencia de atmósfera agresiva (gases nocivos).
- Admite condensación.
- Revestimiento de la placa de circuito impreso y de los componentes electrónicos que contiene el autómata.

6.4 Módulos de ampliación

Con el fin de dotar al LOGO! de Siemens de una mayor versatilidad y poder así intervenir en más campos de aplicación, disponemos de diferentes accesorios y módulos de ampliación. Gracias a estos módulos adicionales podemos ampliar el número de entradas y salidas tanto digitales como analógicas y conferir al LOGO! diferentes tipos de comunicación. Estos módulos se muestran a continuación:



Entradas/Salidas digitales: módulos de 8 entradas 8 salidas y de 4 entradas 4 salidas.



Entradas/Salidas analógicas: módulos de 2 entradas ó 2 salidas analógicas de 0 a 10 V o de 0/4 a 20 mA.

Módulo de comunicación LOGO! CM EIB/KNX: Comunicación entre un maestro de LOGO! y componentes externos en un bus EIB/KNX.



Módulo de interfaz AS-Interface: Este módulo permite incorporar un esclavo inteligente a un bus AS-Interface.



Fuentes de alimentación LOGO!Power: Una gama de fuentes de alimentación especialmente diseñadas para LOGO! y de tensiones de entrada y salida más estandarizadas, ampliando aún más sus posibilidades de aplicación.

Figura 6.7 Módulos de ampliación de LOGO!

Visualizador de textos LOGO! TD: Visualizador de textos auxiliar de 4 líneas que a través de su cable de conexión amplía las posibilidades de colocación para una mejor visualización. También existe la versión SIPLUS para rango de temperatura ampliado de -10 °C a + 60 °C y presencia de atmósfera agresiva.



Figura 6.8: LOGO!, LOGO! TD, y varios módulos de ampliación

Telecontrol: Incorporando un módem al LOGO! podemos enviar y recibir mensajes desde el LOGO!. A través de esta configuración es posible:

- Recibir en uno o varios móviles mensajes con alarmas, eventos y estados del sistema.
- Enviar al módem mensajes predefinidos que el LOGO! convierte en acciones de control.



Figura 6.9: Envío y recepción de mensajes con LOGO!

- Comunicar un PC con un LOGO! a través de la red telefónica como muestra la figura siguiente:

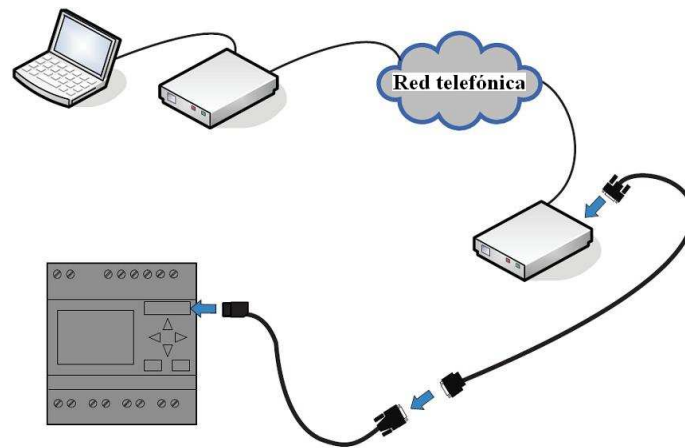


Figura 6.10: Conexión de un LOGO! a un PC a través de módem (solamente con versión de LOGO! 0BA6).

Ethernet: Las nuevas versiones de LOGO! (0BA7), disponen de puertos Ethernet, lo que amplía las posibilidades de comunicación, pudiendo configurarse tanto de maestro como esclavo en redes Ethernet. A continuación se muestra un ejemplo de las posibilidades de comunicación que incorpora la nueva versión 0BA7 de LOGO!.

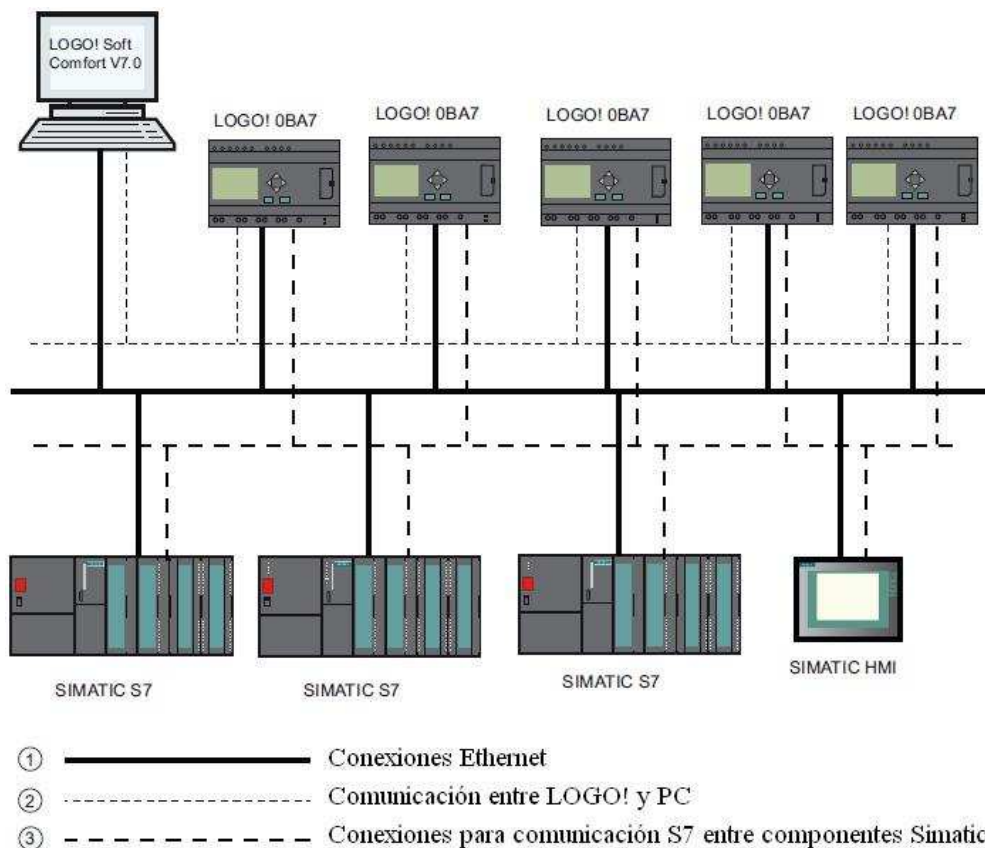


Figura 6.11: Esquema ejemplo de comunicación entre LOGO! (0BA7), PC y componentes Simatic

6.5 Instalación de LOGO!

Las dimensiones de LOGO! cumplen con la normativa DIN 43880. Puede ser montado en carril DIN de 35 mm según normativa EN 50022 o sobre pared.

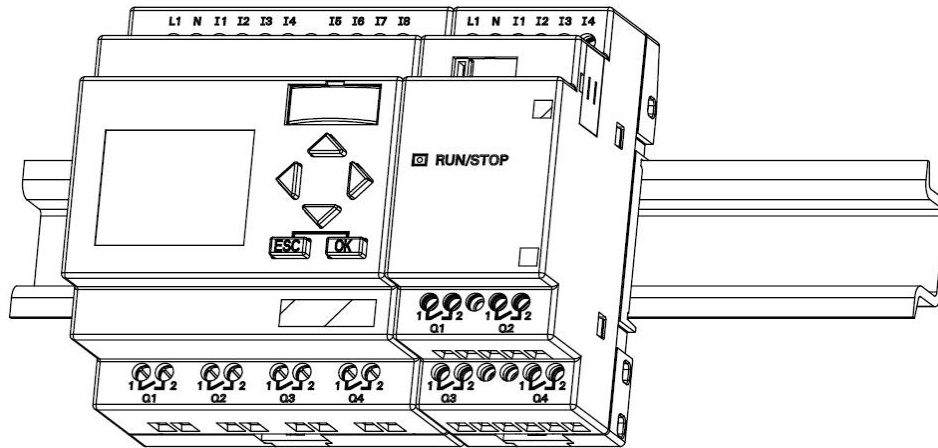


Figura 6.12: LOGO! y módulo digital de ampliación colocados en carril DIN

Para el montaje en pared el LOGO! incorpora dos platinas en su parte de atrás las cuales hay que desplazar como muestra la figura siguiente para poder ser atornilladas a la pared.

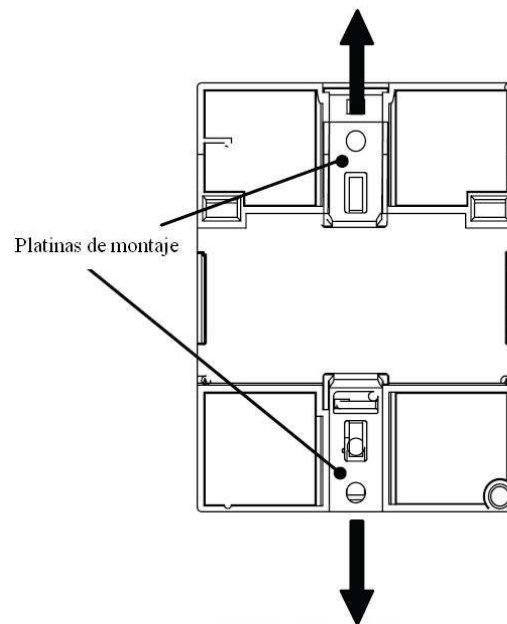


Figura 6.13: Parte trasera de LOGO!, desplazamiento de las platinas para montaje en pared

6.6 El software de LOGO!: LOGO!Soft Comfort

La programación de LOGO! es muy sencilla e intuitiva, no requiere conocimiento de complejos lenguajes de programación. La creación de los programas se realiza a través de los lenguajes de diagrama de funciones (FUP) o esquema de contactos (KOP). Los elementos básicos disponibles para llevar a cabo la programación son bloques de entradas/salidas digitales y analógicas, funciones booleanas básicas y funciones especiales como temporizadores, contadores, funciones analógicas y otros bloques de avisos y comunicaciones.

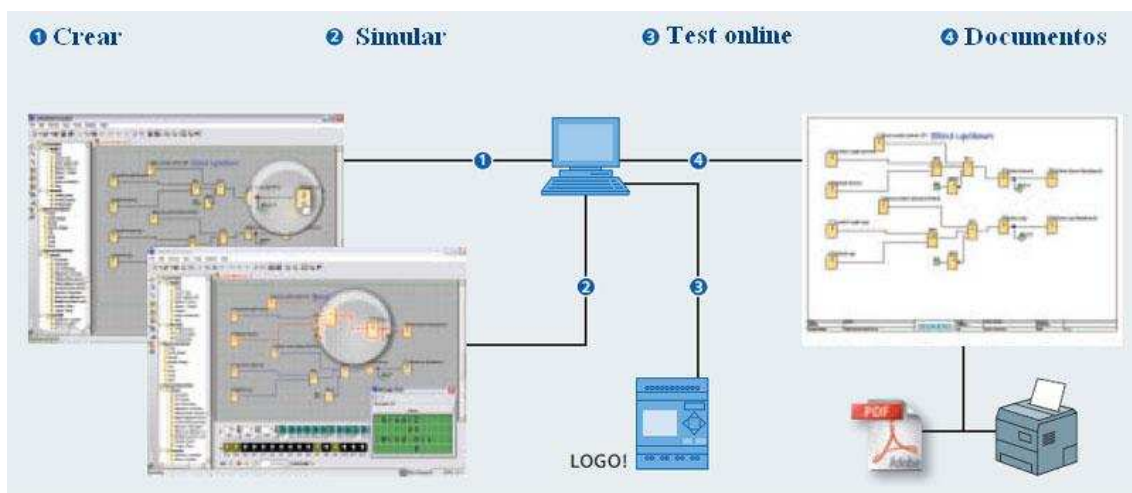


Figura 6.14: Funcionales LOGO!Soft Comfort

Este software proporciona muchas funcionalidades como por ejemplo:

- Creación gráfica del programa mediante esquema de contactos o diagrama de bloques de funciones.
- Simulación del programa en el ordenador.
- Generación e impresión de un esquema general del programa.
- Almacenamiento del programa en el disco duro o en otros soportes.
- Comparación de programas.
- Fácil configuración de los bloques.
- Transferencia del programa tanto del LOGO! al PC como a la inversa.
- Lectura del contador de horas de funcionamiento.
- Ajuste de la hora y del horario de verano e invierno
- Test y diagnóstico online.

- Arranque y parada de la ejecución del programa a través del PC (RUN, STOP).
- Comunicación en red Ethernet (en versión 0BA7).
- Creación de bloques UDF, funciones definidas por el usuario (versión 0BA7).
- Configuración de la función “Data Log” para registrar los valores de proceso de los bloques de función configurados.

6.7 Aplicaciones con LOGO!

La gran funcionalidad de LOGO! hace que ofrezca un alto grado de rentabilidad en aplicaciones de la industria y del sector terciario y residencial. A continuación se va a mostrar un listado de diferentes campos de aplicación de LOGO!.

- Controles de iluminación: luminarias de interior y exterior.
- Sistemas de vigilancia: control de accesos, alarmas de intrusión, puertas automáticas, supervisión de plazas de parking, etc.
- Seguridad: detector de incendio, inundación, etc.
- Ingeniería de edificios: control de persianas, sistema de aire acondicionado, calefacción, ventilación, riego, etc.
- Controles de máquinas: cintas transportadoras, plataformas elevadoras, mando de bombas, etc.

En el siguiente capítulo se van a desarrollar varios casos concretos de aplicación dedicados a la automatización de un edificio empresarial. Mediante LOGO! vamos a controlar:

- Puerta principal de acceso del edificio
- Iluminación interior de las oficinas de cada planta
- Alumbrado de escaleras y pasillos
- Iluminación exterior del edificio: farolas perimetrales
- Supervisión de plazas de un parking de tres plantas

6.7.1 Control automático de la puerta principal de acceso



Figura 6.15: Puerta automática de acceso al edificio

Introducción

Hoy en día las puertas de apertura automática poseen un campo de aplicación muy amplio, normalmente son instaladas en casos donde el tránsito de personas es muy elevado. Se encuentran con frecuencia en los accesos a edificios públicos, bancos, supermercados, comercios, etc. Este tipo de puertas proporcionan una mayor comodidad para las personas mejorando su accesibilidad y por otro lado ayudan a mantener constante la temperatura en el interior del edificio o establecimiento gracias a que la puerta únicamente permanece abierta con la presencia de personas al entrar o salir.

Aplicación con LOGO!

A continuación se va a mostrar cómo podemos hacer este control utilizando un LOGO! de Siemens. Cuando se aproxime una persona a la puerta, ésta deberá abrirse automáticamente y permanecer abierta hasta que no haya ninguna persona en la zona de acceso. Una vez cumplida esta condición la puerta deberá cerrarse automáticamente tras una breve temporización. Para realizar este control además de LOGO! se van a utilizar dos detectores de movimiento, colocados uno en la parte interior y otro en la parte exterior, dos finales de carrera que detectan cuando la puerta está abierta o cerrada y por último un interruptor principal que actúa de manera independiente al estado de los sensores y permite la operación manual de la puerta. En la figura 6.16 se muestra un diseño de la planta y frontal de la puerta con la disposición de los detectores, los finales de carrera y el interruptor principal.

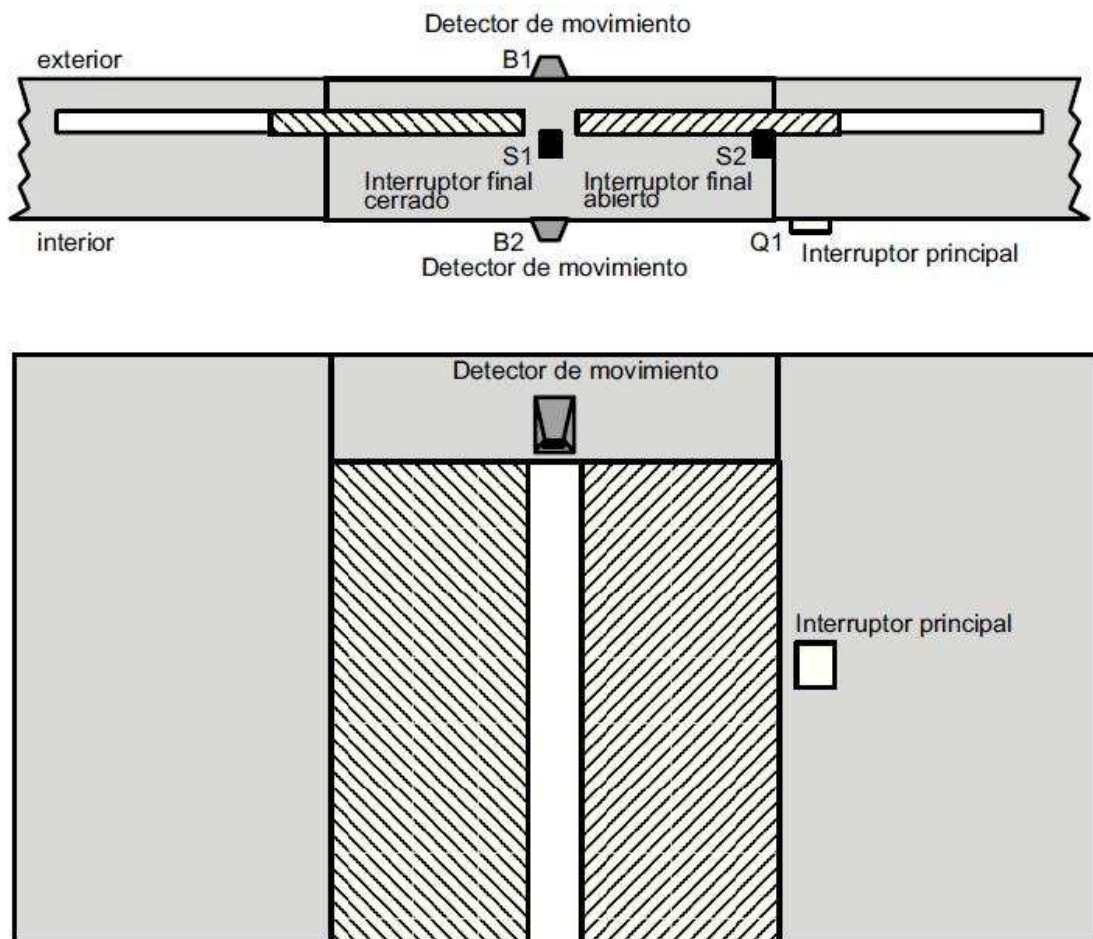


Figura 6.16: Planta y frontal de la puerta automática

Cableado

LOGO! permite simplificar considerablemente el circuito de control. Como muestra el esquema de cableado en la figura 6.17, sólo es necesario conectar los detectores de movimiento y los finales de carrera a los bornes de entrada de LOGO! y los contactores a las salidas.

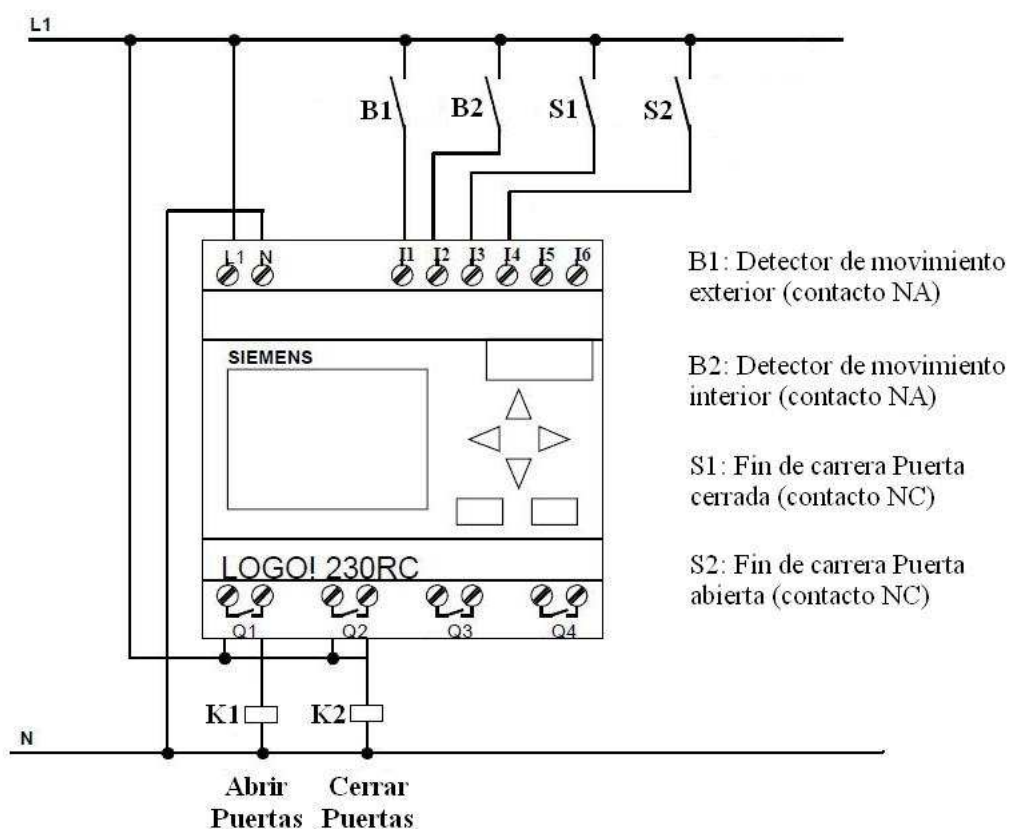


Figura 6.17: Cableado del LOGO! para el control de una puerta automática

Los detectores de movimiento B1 y B2 son conectados a las entradas I1 e I2 de LOGO!, a través de ellos se detecta si existe alguna persona en la zona de paso de la puerta. Si responde alguno de los dos detectores de movimiento, entonces la puerta se abre a través del contactor conectado a la salida Q2. Para realizar la temporización mínima que se espera hasta que se vuelve a cerrar la puerta se emplea la función de retardo a la desconexión integrada en LOGO!, este tiempo es programable, en nuestro programa se ha establecido un tiempo de 10 segundos de retardo hasta que se cierra la puerta vía el contactor conectado a la salida Q1. Para la ejecución precisa de la apertura y cerrado de la puerta es necesario incorporar unos finales de carrera (S1 y S2) conectados en las entradas I3 e I4 de LOGO! y que permiten registrar las posiciones finales de la puerta.

El programa

A continuación se muestra el esquema del programa realizado para el control de la puerta automática. Este esquema se extrae directamente a través del software LOGO!Soft Comfort. Se han empleado funciones básicas como puertas OR, AND e inversores y un temporizador, un retardo a la conexión que nos permite programar el tiempo mínimo que va a permanecer la puerta abierta cuando se detecta una persona. La configuración consta de 5 entradas, I1 e I2 para los detectores de movimiento, I3 e I4 para los finales de carrera e I5 para el interruptor principal que permite abrir la puerta de manera permanente, la activación de este interruptor está solamente prevista cuando la persona autorizada lo considere oportuno. Por otro lado tenemos dos únicas salidas, Q1 para cerrar la puerta y Q2 para abrir.

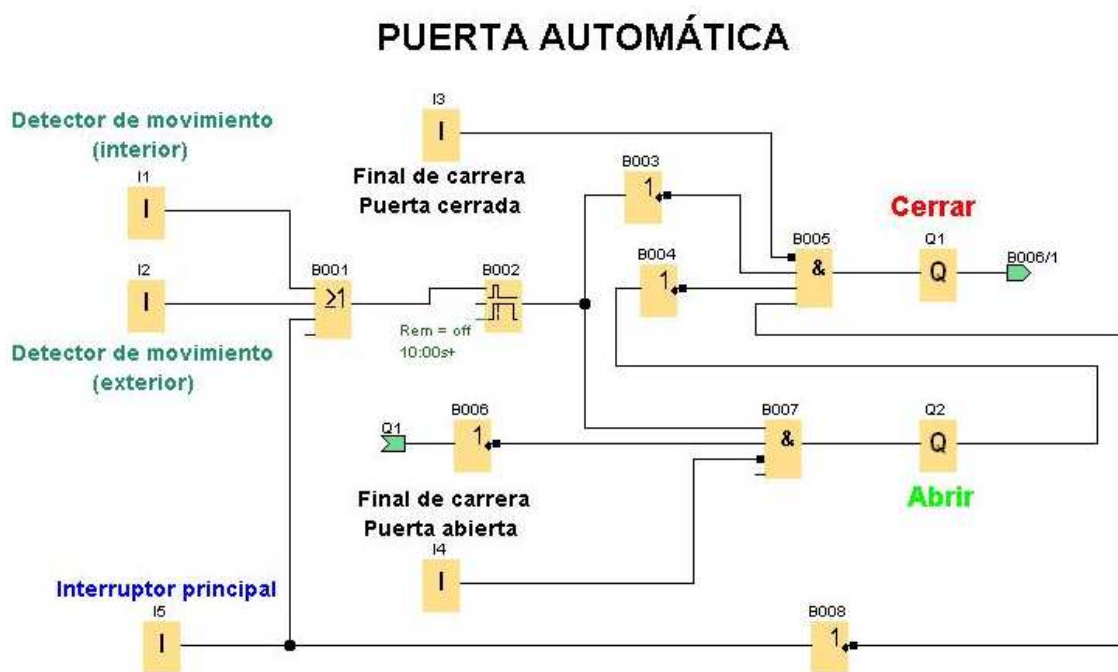


Figura 6.18: Esquema de bloques del programa puerta automática

Ventajas y ampliaciones

Mediante esta solución con LOGO! se necesitan menos componentes que con una solución tradicional. Para esta aplicación por ejemplo solamente se han usado 5 entradas y dos salidas, la aplicación por tanto podría ampliarse fácilmente utilizando las entradas y salidas sobrantes o añadiendo módulos de ampliación de LOGO!, los cuales se conectan en el lateral del módulo principal ocupando de esta forma muy poco espacio y simplificando el cableado.

Se pueden incorporar a la puerta automática algunas ampliaciones, es posible por ejemplo programar un horario de activación de la puerta por medio de temporizadores semanales integrados en LOGO!, de esta forma podría ser programada para que a cierta hora la puerta solamente se abra en un sentido, mediante sólo el detector de movimiento interior, desactivando el detector exterior para evitar la entrada de personas a partir de la hora de cierre preseleccionada.

Otra ampliación puede ser añadir luces de confort en la zona de acceso que se enciendan por medio de los detectores de movimiento integrados en la puerta y que permanezcan encendidas durante un tiempo programado también a través de la función retardo a la desconexión integrada en LOGO!. También se podría usar una de las salidas libres de LOGO! para conectar un zumbador que advierte de que se va a cerrar la puerta.

6.7.2 Iluminación interior de una oficina



Figura 6.19: Oficina con filas de luminarias

En este caso se plantea una oficina con una iluminación interior compuesta por luminarias dispuestas una tras otra formando diferentes filas como muestra la fotografía de la figura 6.19. El control de estas filas de luminarias se hace con frecuencia por divisiones en diferentes grupos para poder controlar la iluminación de la oficina en diferentes zonas de acuerdo a la utilización de la sala.

Por otro lado, si la oficina ofrece buena iluminación natural, es recomendable realizar un control que desconecte de manera automática las luminarias más próximas a las ventanas cuando la luz diurna sea suficiente, de esta manera se consigue un ahorro considerable en el consumo de luz. Para este tipo de control es necesario incorporar al sistema un interruptor crepuscular, éste puede ser regulado a través de un potenciómetro permitiendo así la activación y desactivación de las luminarias dependiendo del nivel de luz deseado.

Control mediante LOGO!

Para una mejor comprensión del caso a tratar se adjunta un diseño representativo de la distribución de la oficina. En él se identifican los cuatro grupos en los que se han dividido las luminarias. Las filas 1 y 2 son las más próximas a las ventanas y serán las dependientes del interruptor crepuscular, estas filas de luminarias serán solamente encendidas cuando la incidencia de luz sobre el interruptor crepuscular baje del nivel establecido. Las filas 3 y 4, al estar situadas en la parte alejada a las ventanas, no dependerán del interruptor crepuscular y su encendido será únicamente mediante pulsadores, uno para cada grupo de luminarias. De la misma manera, las filas 1 y 2 pueden ser controladas también a través de pulsadores, independientemente del estado del interruptor crepuscular de acuerdo con el deseo de los usuarios.

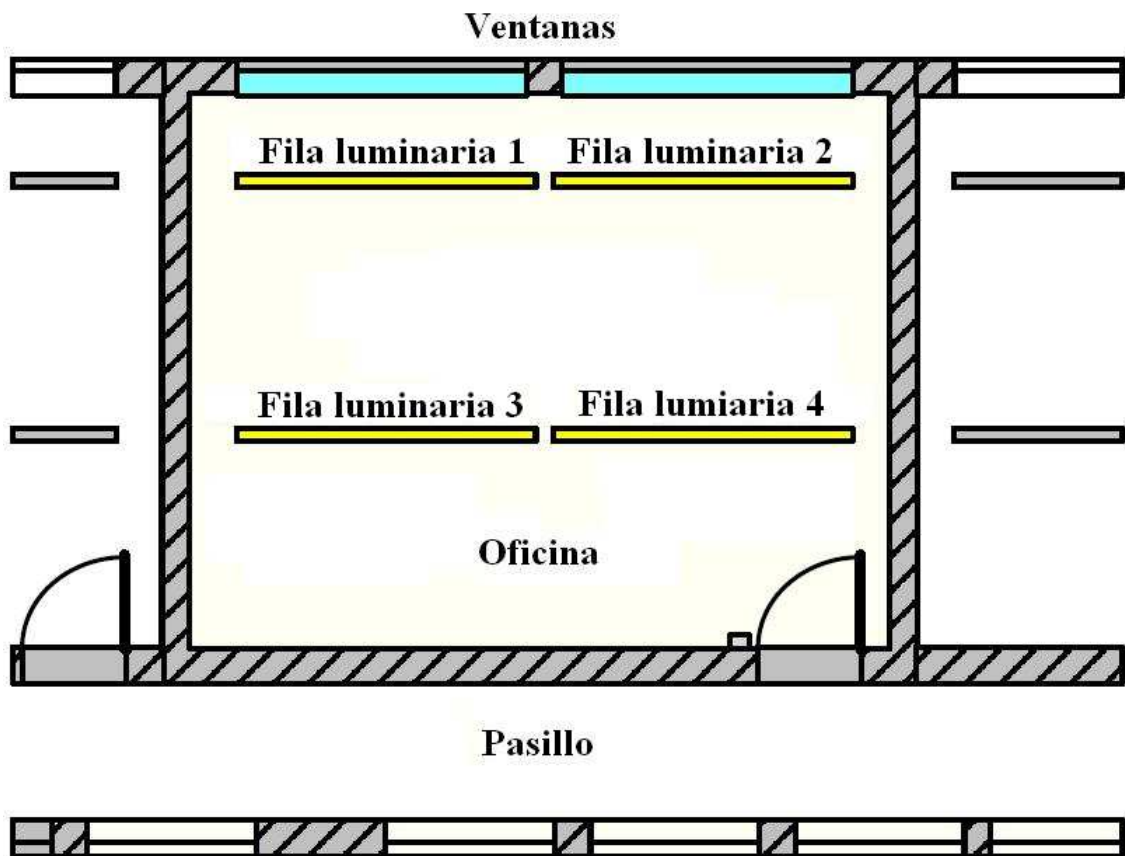


Figura 6.20: Diseño representativo de la oficina y disposición de las luminarias

A continuación se muestra un esquema de las conexiones requeridas con LOGO! para llevar a cabo esta aplicación. Se conectan a los bornes de entrada los pulsadores individuales S1, S2, S3 y S4 que activan de manera independiente las cuatro filas de

luminarias conectadas a los bornes de salida de LOGO!. Si es necesario conmutar grandes potencias conviene poner contactores intercalados. Por otro lado, el interruptor crepuscular es conectado a otra entrada proporcionando a LOGO! la señal de activación o no de las luminarias cercanas a las ventanas.

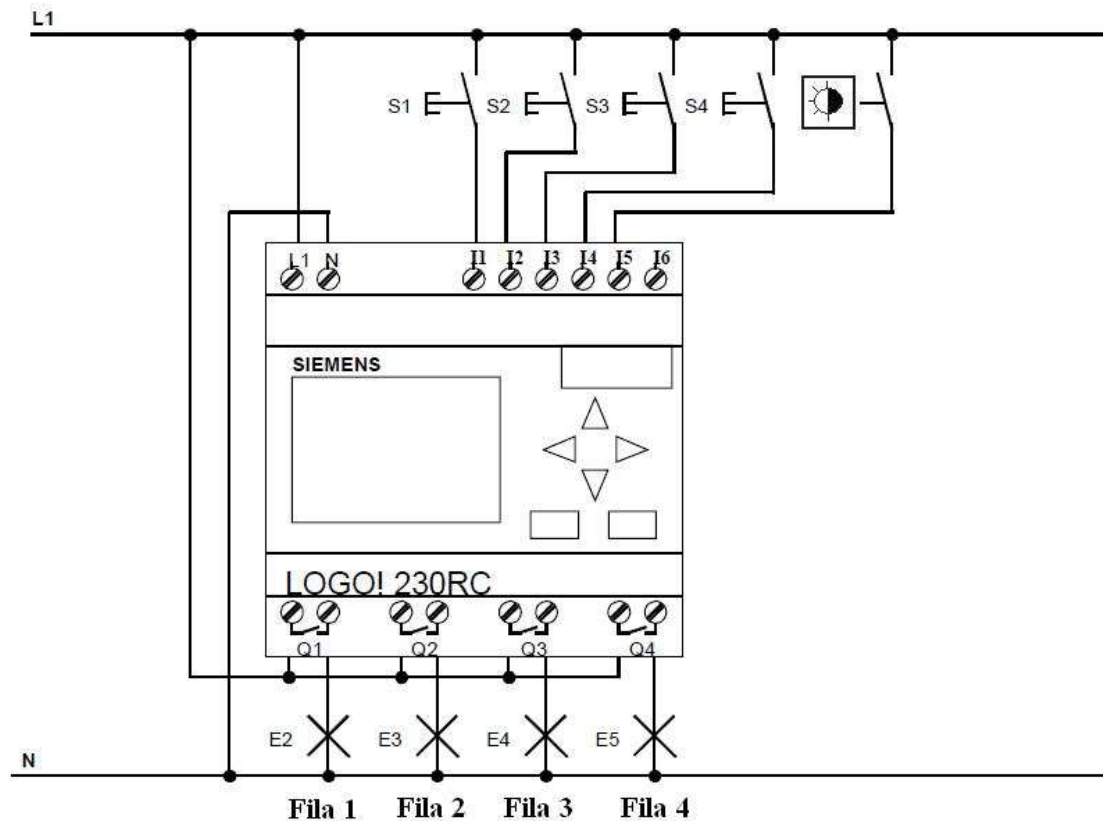


Figura 6.21: Cableado de la iluminación interior de una oficina

El programa

A través de los pulsadores conectados en las entradas I1 a I4 es posible encender y apagar las bandas luminosas cuando se desee. En este caso las cuatro salidas de LOGO! (Q1 a Q4) son empleadas para conectar en ellas los cuatro grupos de luminarias.

Cuando sea suficiente la luz natural, las cadenas luminosas cercanas a las ventanas serán desconectadas automáticamente mediante el interruptor crepuscular conectado en I5. Como puede verse en el esquema de bloques de la figura 6.22 el interruptor crepuscular lleva ligado un retardo a la conexión y un retardo a la desconexión, estos temporizadores evitan intermitencias no deseadas en el estado de las luminarias debido a cambios transitorios en el nivel de luz natural debidos por ejemplo a la influencia de

las nubes, se programa así un tiempo de retardo tanto para el encendido como para el apagado de las luces.

La luz se apagará automáticamente a partir de las 8 de la tarde. Mediante un interruptor horario integrado en LOGO! se genera un impulso de desconexión a las 20:00 horas, que apaga todas las bandas luminosas. Sin embargo, esto no impide que la iluminación pueda encenderse o apagarse en cualquier momento manualmente mediante los pulsadores.

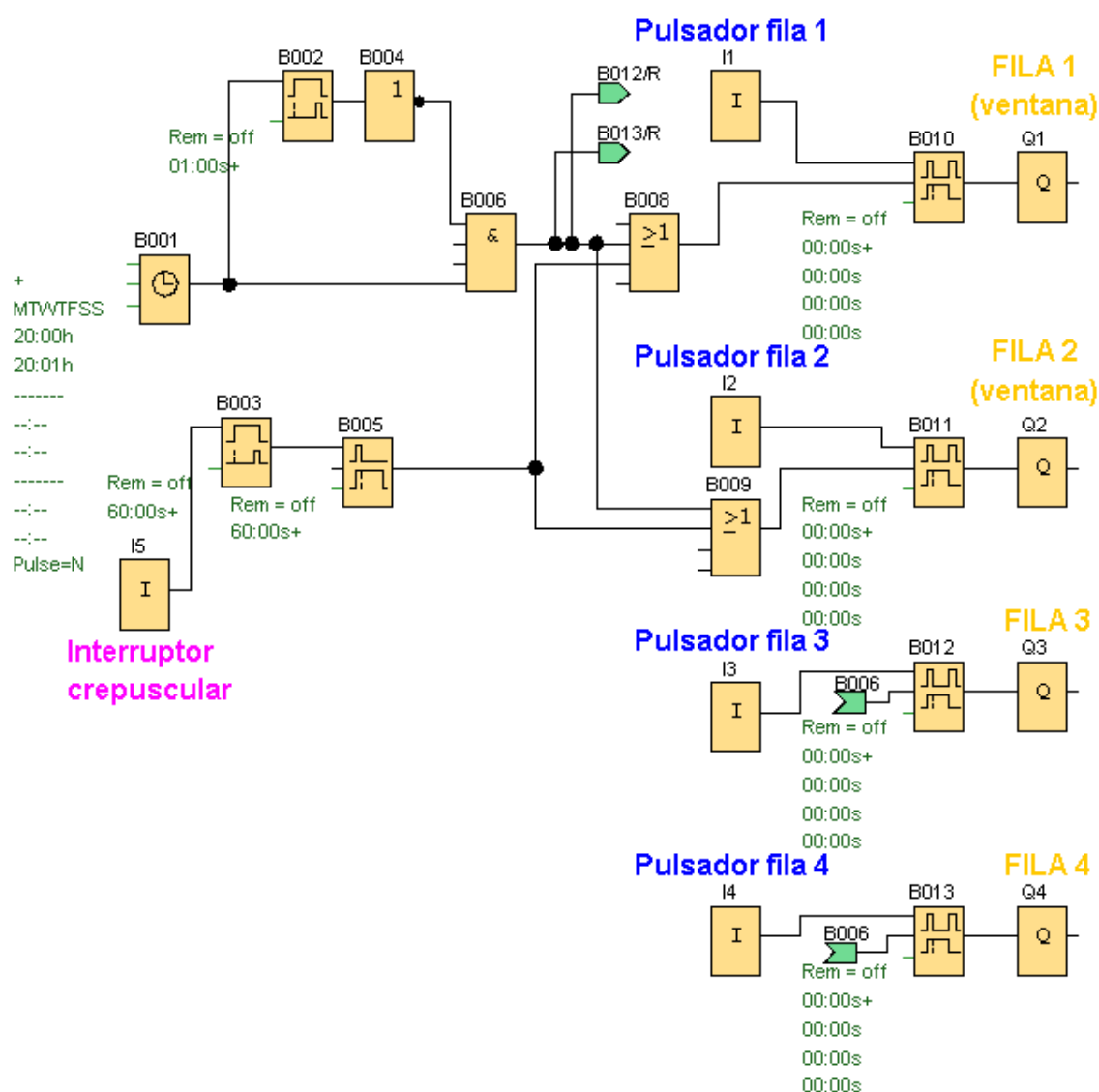


Figura 6.22: Esquema de bloques del programa de control iluminación oficina

Ventajas

- Son necesarios menos componentes que con una solución convencional gracias a las funciones integradas en LOGO!, por ejemplo, no se requiere reloj de conmutación, ya que dicha función está integrada.
- El interruptor crepuscular dependiente de la luminosidad se conecta directamente a una entrada de LOGO! para intervenir directamente en el programa.
- Al reducirse el número de componentes es posible utilizar cajas de distribución de menor tamaño, con el consiguiente ahorro de espacio.
- Es posible modificar fácilmente la instalación de alumbrado. Podemos ajustar tiempos de conexión y de desconexión sin necesidad de cambiar el circuito
- Es posible conectar las lámparas directamente a LOGO! si la potencia para las distintas salidas no rebasa la capacidad de conmutación de éstas. En caso de tratarse de potencias mayores hay que colocar a las salidas contactores de potencia.

6.7.3 Interruptor automático para escaleras y pasillos

A la instalación de alumbrado para escaleras o pasillos se imponen los requisitos siguientes:

- Las luces deben estar encendidas mientras se halle alguien.
- Las luces deben estar apagadas cuando no haya nadie con el fin de ahorrar energía.



Figura 6.23: Fotografía ejemplo pasillo interior

A través de LOGO! se puede realizar este control de una manera muy sencilla, reduciendo el cableado respecto a las soluciones convencionales y ampliando sus posibilidades.

La activación de las luces puede realizarse de manera manual utilizando pulsadores o bien de manera automática mediante detectores de movimiento colocados en diferentes puntos del pasillo o escalera.

Cableado

La iluminación de pasillos y escaleras suele dividirse por zonas de forma que cada pulsador o detector de movimiento controle un grupo de luces, de esta forma se asegura el encendido solamente de las zonas donde hay tránsito de personas.

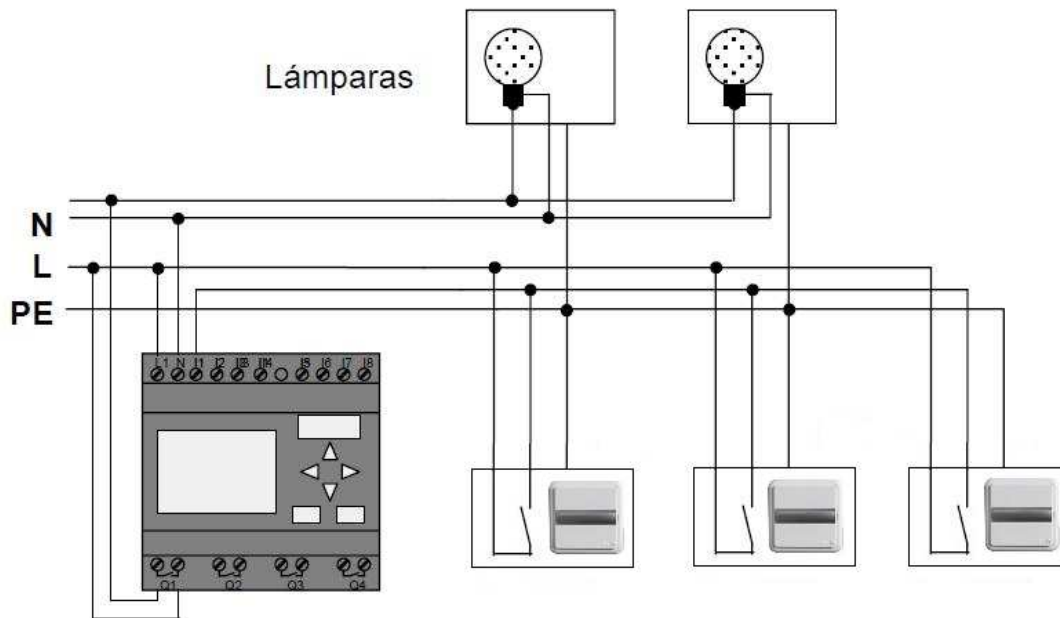


Figura 6.24: Cableado de la instalación mediante LOGO!

A continuación se va a realizar la programación de un pulsador para que ejecute las siguientes funciones:

- Accionando el pulsador: Se encienden las luces, volviendo a apagarse después de transcurrir un tiempo configurado mediante un temporizador integrado.
- Accionando el pulsador 2 veces: Se conecta el alumbrado de manera continua, por ejemplo, para realizar tareas de limpieza o mantenimiento.
- Manteniendo accionado el pulsador durante 2 segundos: Se apagan las luces.

El Programa

La figura 6.25 muestra el diagrama de bloques del programa que realiza las funciones descritas anteriormente. Se han utilizados los siguientes bloques de funciones especiales:

Retardo a la desconexión: En él se configura el tiempo determinado para que permanezcan las luces encendidas tras ser accionado el pulsador.

Retardo a la conexión: Para establecer los 2 segundos que se requiere mantener el pulsador para realizar el apagado voluntario de las luces.

Contador: Mediante un contador se habilita la función de alumbrado continuo accionando el pulsador 2 veces.

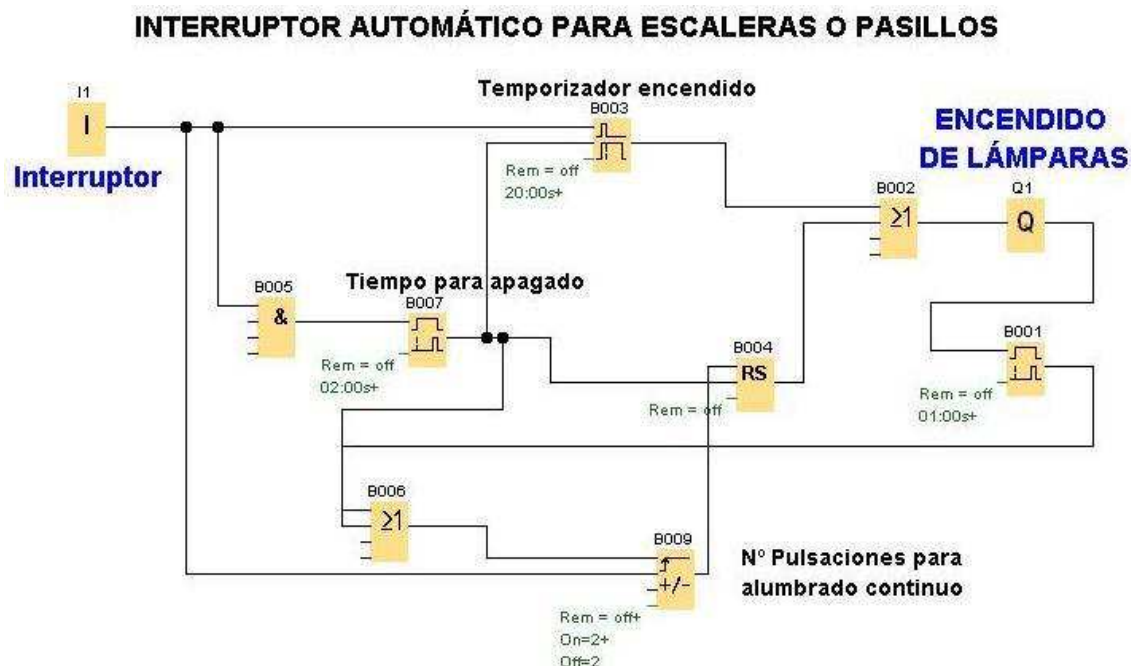


Figura 6.25: Diagrama de bloques para un interruptor automático de escalera o pasillo

Posibles ampliaciones

El programa expuesto anteriormente representa solamente un pulsador pero evidentemente pueden añadirse tantos pulsadores como sean requeridos sin apenas modificar el circuito principal. Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, pueden añadirse tanto pulsadores manuales como detectores de movimiento para que el accionamiento de las luces se produzca de forma automática en caso de detectar la presencia de personas.

Puede incorporarse una función de parpadeo antes de que las luces se apaguen automáticamente para avisar de que las luces van a apagarse a no ser que se vuelva a accionar un pulsador.

Dotamos a la aplicación de una mayor flexibilidad que una solución convencional gracias a los bloques de función y temporizadores que incorpora LOGO!, de esta forma se pueden programar por ejemplo unos horarios diarios de iluminación continua a ciertas horas y luego desconectar y entrar en juego los pulsadores y detectores de movimiento.

Los detectores de movimiento colocados en escaleras y pasillos pueden tener una doble funcionalidad, por un lado el accionamiento de las luces y por otro una función de seguridad, de tal manera que si en un cierto rango horario hay alguna detección de presencia de personas, se active una bocina y como complemento se puede realizar un parpadeo de las luces que avise de que se está produciendo una intrusión.

6.7.4 Iluminación exterior

En este tipo de iluminación se contemplan tanto las luces decorativas que en ocasiones se colocan en las fachadas así como todo el sistema de iluminación que rodea al edificio y que es activado durante ciertas horas mediante un programador horario.

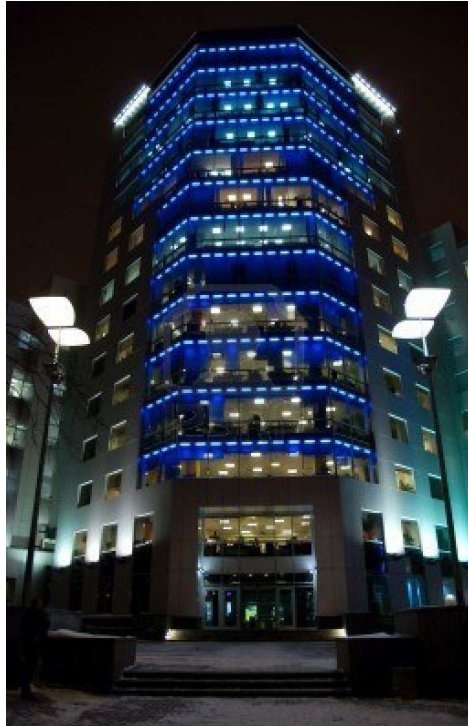


Figura 6.26: Iluminación exterior edificio

En esta aplicación se va a controlar la iluminación exterior de un edificio usando LOGO!. El edificio está dotado con dos tipos de iluminación, el conjunto de iluminación principal y unas luces secundarias, ambos con la posibilidad de ser activados de manera manual o automática.

La iluminación principal es encendida solamente en el margen horario de 6:00 de la mañana a las 00:00 de la noche pero sólo si al interruptor crepuscular le llega poca incidencia de luz solar, lo que significa que la iluminación es requerida. Por otro lado la iluminación secundaria es encendida a través de varios detectores de movimiento durante dos franjas horarias programadas, de 6:00 a 7:30 de la mañana y de 18:00 a 00:00. La iluminación secundaria permanece encendida durante un tiempo programado cuando es activada por los detectores de movimiento y tras ese tiempo se desconecta.

Se incluye también un interruptor manual que enciende la iluminación principal y la secundaria independientemente del estado del interruptor crepuscular y de los detectores de movimiento, por ejemplo, para trabajos de mantenimiento y comprobación de las lámparas.

El programa

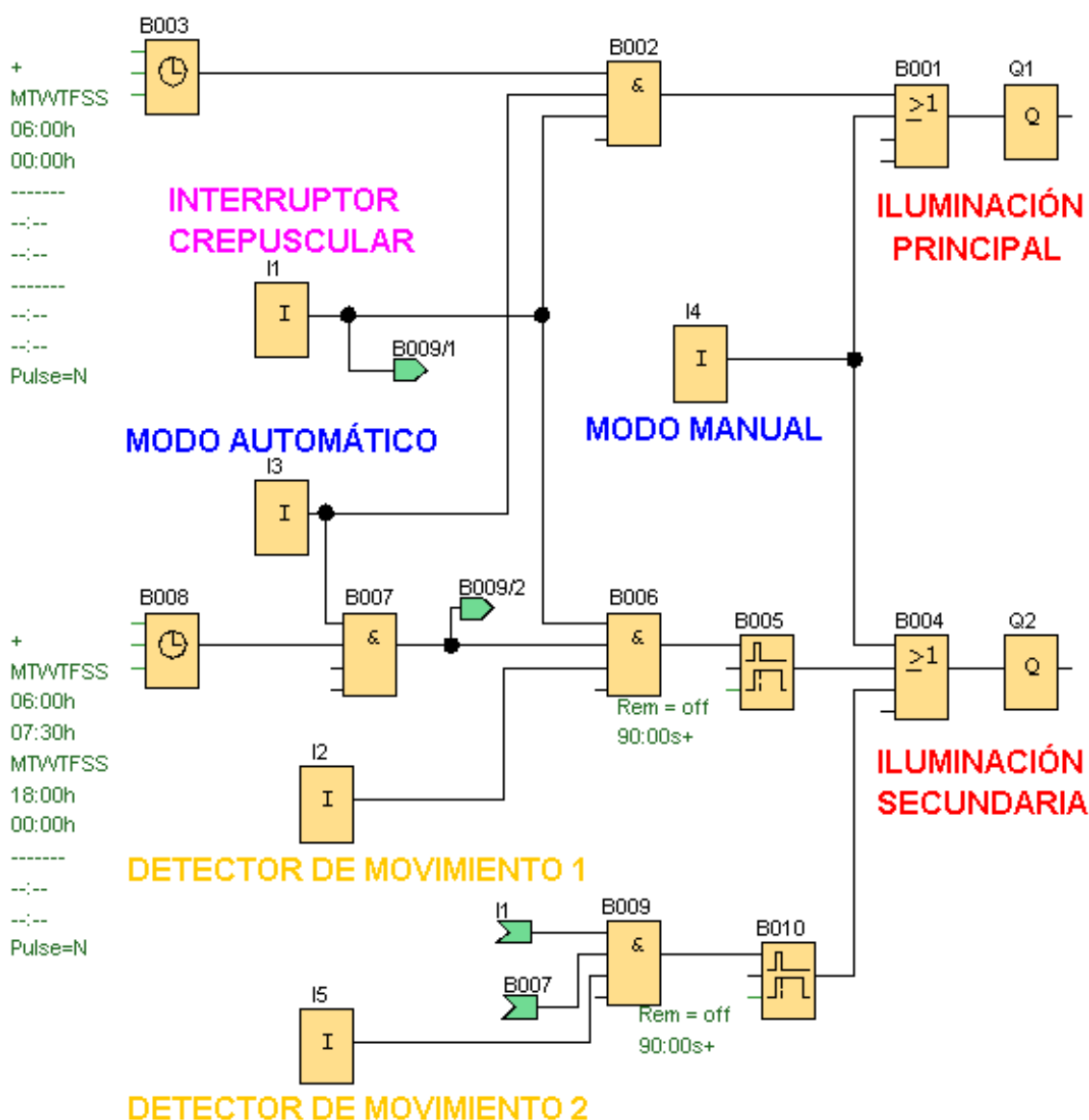


Figura 6.27: Diagrama de bloques programa iluminación exterior

Como muestra la figura 6.27, el programa consta de dos únicas salidas Q1 y Q2, para los dos tipos de iluminación que dispone el sistema, iluminación principal e iluminación secundaria.

Las entradas y salidas utilizadas en LOGO! para esta aplicación son las siguientes:

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| I1: Interruptor crepuscular | I5: Detector de movimiento 2 |
| I2: Detector de movimiento 1 | Q1: Iluminación Principal |
| I3: Interruptor Modo Automático | Q2: Iluminación Secundaria |
| I4: Interruptor Modo Manual | |

El esquema dispone de dos temporizadores semanales con los que son programados los horarios de iluminación descritos anteriormente. Por otro lado, la iluminación secundaria es activada mediante los detectores de movimiento y se ha establecido un tiempo de 90 segundos en los bloques de retardo a la desconexión.

Ventajas y ampliaciones

Ahorro de energía gracias a la combinación de un control en intervalos horarios, la detección del nivel de luz solar gracias al interruptor crepuscular y el control de presencia de personas gracias a los detectores de movimiento.

Fácilmente parametrizables los temporizadores semanales, posibilidad de establecer varios horarios diferentes, por ejemplo, horario de verano y de invierno.

Podrían incluirse también a este tipo de control los rótulos luminosos publicitarios que habitualmente poseen los edificios empresariales en su exterior, fácilmente programables mediante el temporizador semanal integrado en LOGO!.

Además del control de la iluminación, podrían incorporarse los contactos de señalización de una alarma, los mismos detectores de movimiento podrían ser utilizados para activar una alarma en caso de detectar movimiento en un horario predeterminado, por ejemplo, por las noches, cuando el recinto debe permanecer cerrado. Para la señalización de la alarma en caso de ser activada, podría incluirse una bocina a una de las salidas libres de LOGO! y utilizar un parpadeo de las luces exteriores que rodean al edificio para habilitar así una indicación visual además de sonora.

Relacionado con la seguridad también es posible incorporar un módem a LOGO! que posibilite el envío de un mensaje (SMS) al vigilante de seguridad del edificio en caso de producirse la activación de alguna de las alarmas.

6.7.5 Control de las plazas de aparcamiento de un parking de 3 plantas

A través de LOGO! se va a realizar la supervisión de la ocupación de las plantas de parking de nuestro edificio de oficinas. En este caso el parking tiene 3 plantas, planta subterránea, planta baja y planta primera. En la entrada al parking hay tres diferentes accesos para cada una de las plantas.



Figura 6.28: Fotografía de la entrada de un parking con tres accesos

Cada acceso dispone de una célula fotoeléctrica encargada de detectar la entrada de cada vehículo y contabilizar el número de vehículos a través de un contador incluido en el programa implementado con LOGO!. Por otro lado, en la salida se dispone de una salida diferente para cada planta y dotadas también de células fotoeléctricas para detectar la salida de los vehículos. La figura siguiente muestra un esquema de la disposición de los accesos para las diferentes plantas en la zona de entrada y en la salida del parking.

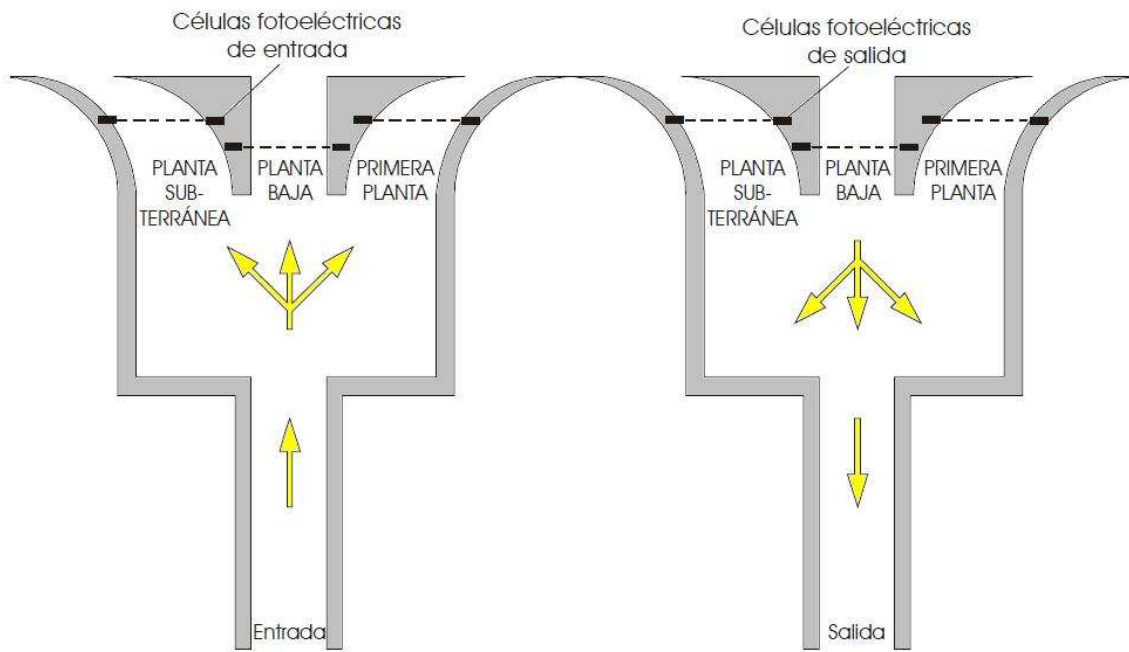


Figura 6.29: Dibujo esquemático de la entrada y salida del parking

El usuario sabrá en todo momento la planta que tiene plazas libres por medio de unos paneles luminosos colocados a la entrada del parking, indicando los mensajes de libre u ocupado o simplemente a través de un semáforo que marque luz roja cuando la planta esté llena o luz verde cuando haya plazas libres.

El Programa

En la figura 6.30 se muestra el diagrama de bloques general de la programación del acceso y salida de una planta. Como muestra la figura el programa consta de dos entradas, I1 para la célula fotoeléctrica colocada en el acceso de entrada e I2 para la célula fotoeléctrica de la salida.

Gracias a la función “contador adelante/atrás” que incorpora LOGO! se introduce el número de plazas disponibles en la planta y el contador se incrementará 1 cuando entre un vehículo y por el contrario se decrementará 1 cuando salga un vehículo, manteniéndose activa la salida Q2 (LIBRE) mientras no se alcance el número máximo asignado al contador y activándose la salida Q1 (OCUPADO) cuando se llega a ese límite establecido.

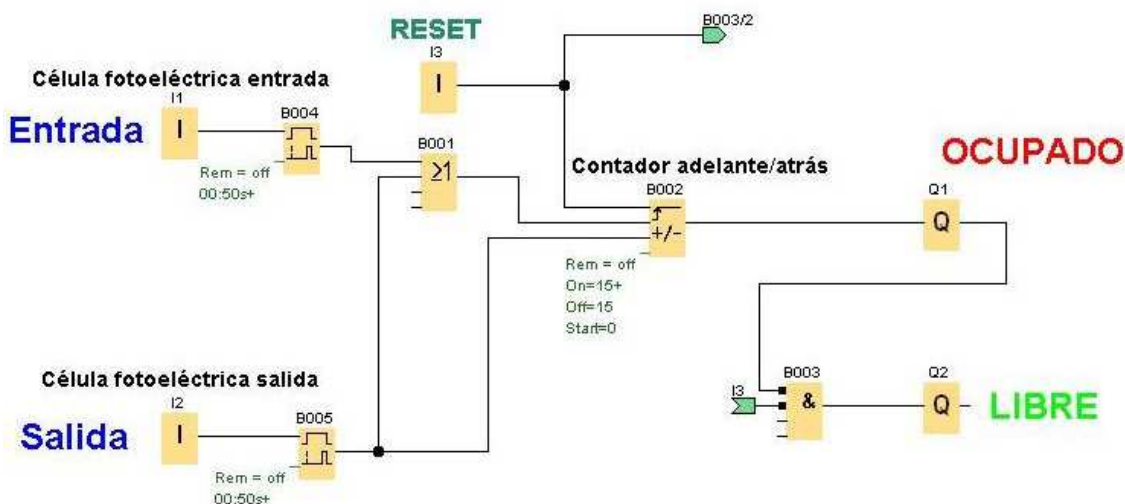


Figura 6.30: Diagrama de bloques general para el control de acceso de una planta

Se incluye también en el programa un pulsador de reset que al presionarlo de manera manual pone automáticamente el contador a cero. El reseteo puede ser útil en caso de producirse algún fallo de funcionamiento o simplemente para tareas de mantenimiento.

La figura 6.31 en la página siguiente, muestra el esquema de bloques de la programación del conjunto de las tres plantas. Como se puede apreciar el esquema utilizado para cada planta es el mismo, se trata del mismo circuito de control pero repetido tres veces.

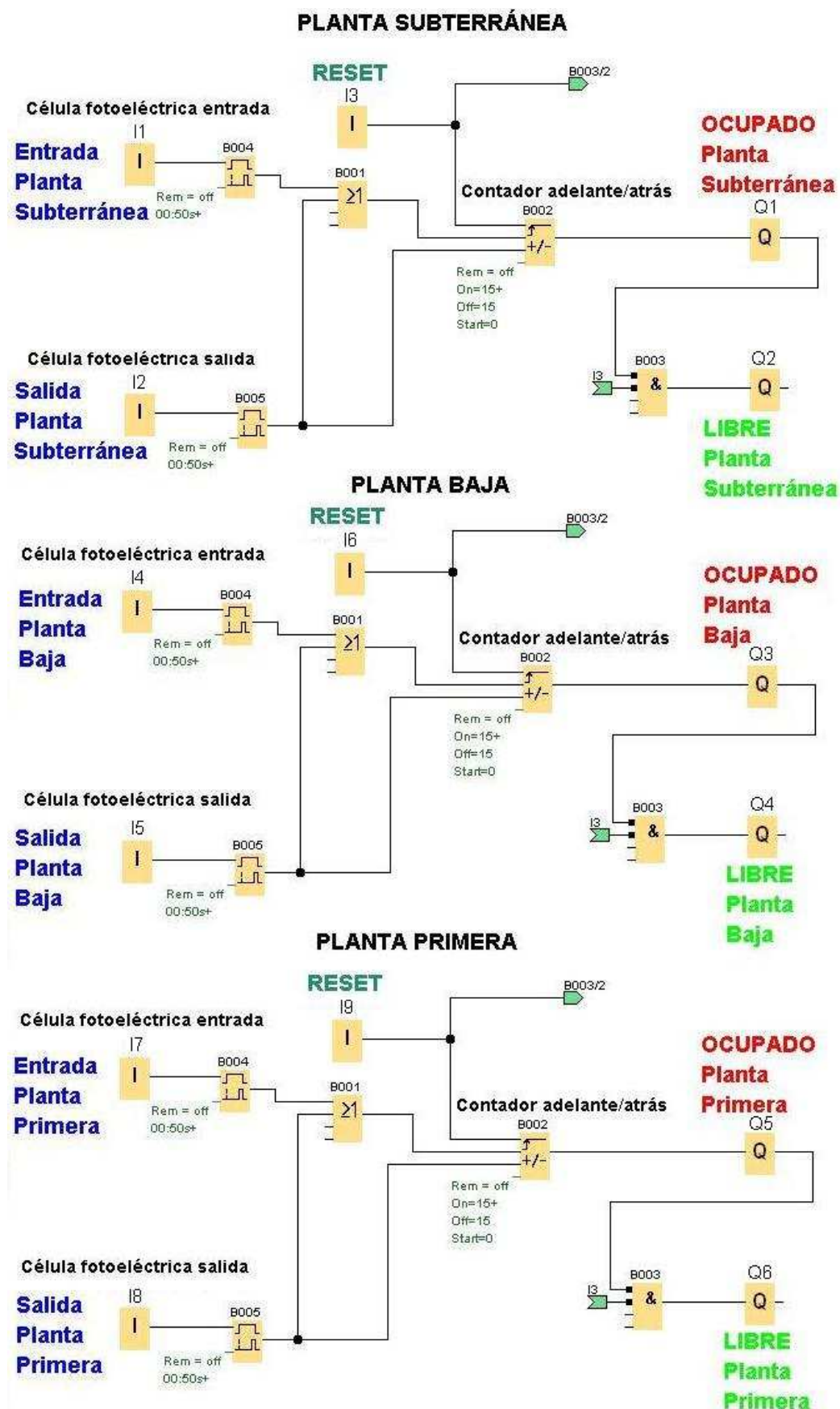


Figura 6.31: Diagrama de bloques de la programación completa de las tres plantas

Simplificación del circuito

El último modelo hasta la fecha de LOGO!, la serie 0BA7, incorpora en su software de programación la función UDF (Función definida por el usuario). Con una UDF no es necesario copiar y pegar el mismo juego de bloques en distintos lugares, se guarda en un bloque de función el circuito que se repite y simplemente se añade la UDF creada en forma de bloque tantas veces como sea requerida.

Para el caso que nos ocupa podemos reducir considerablemente el circuito, gracias a esta función la lógica del programa se hace más legible y se reducen las líneas de conexión.

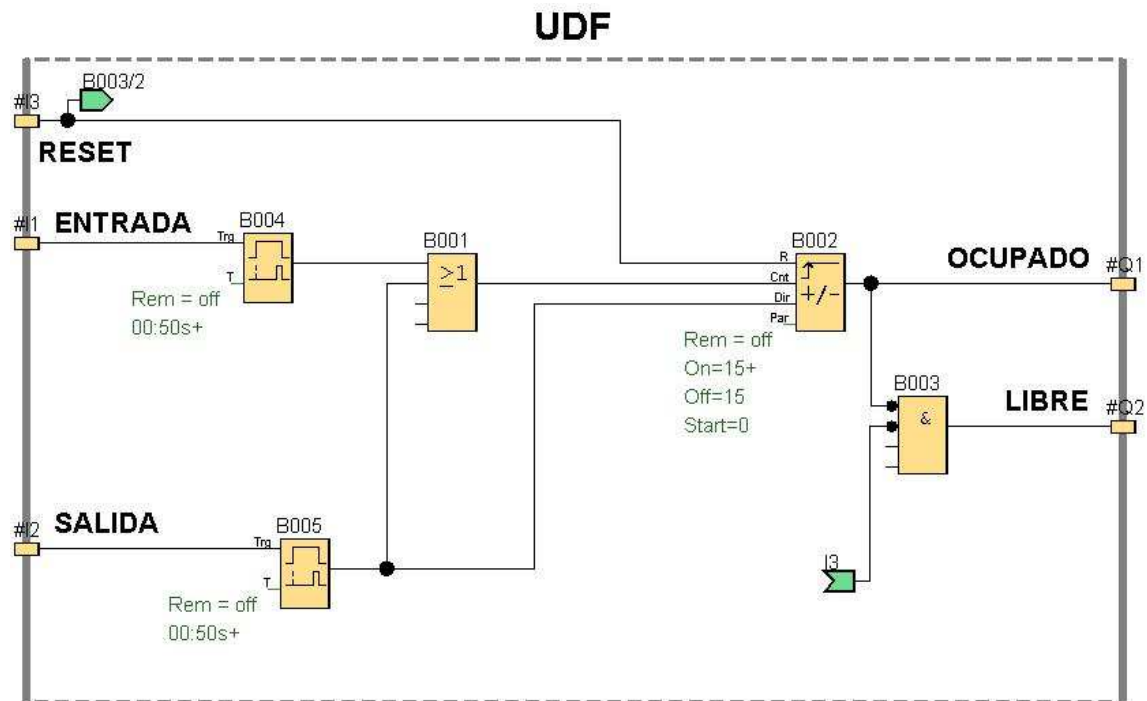


Figura 6.32: Creación de una UDF para la función de control de cada planta

Una vez creada la UDF se almacena en una librería contenida en el programa LOGO!Soft Comfort y solamente es necesario abrir dicha librería y seleccionar la UDF para integrarla en nuestro programa. Los parámetros de los bloques que componen la UDF pueden ser modificados en cualquier momento.

A continuación se muestra el programa de control de las tres plantas del parking utilizando esta función. Puede comprobarse como queda reducido el diagrama, donde se visualizan solamente las entradas, salidas y los bloques UDF.

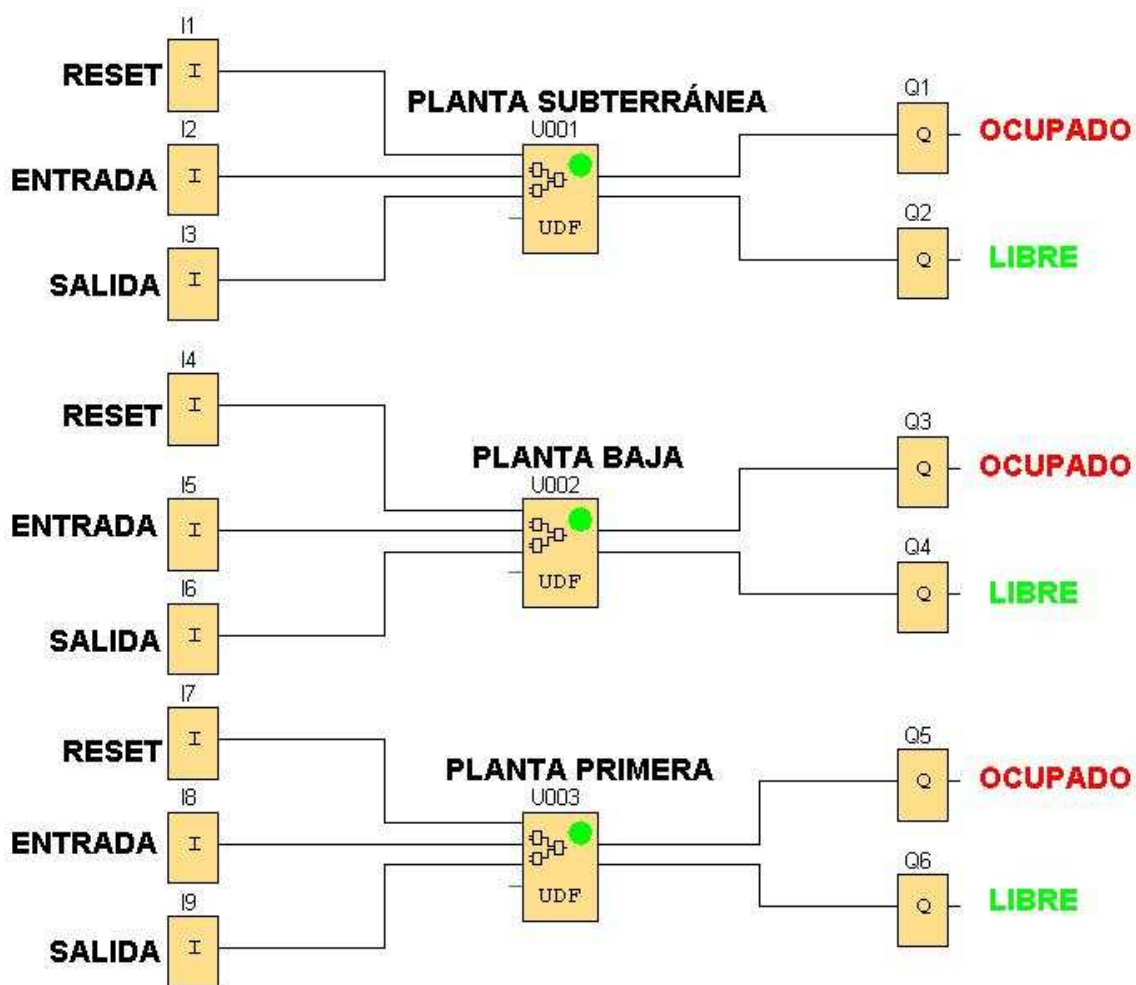


Figura 6.33: Diagrama de bloques del control del parking utilizando funciones UDF

REFERENCIAS

1. Burns, R.W., Dellow, F., Forbes, R.G. (1991), **Unidades y símbolos para la Ingeniería eléctrica y electrónica**. Título original: “*Units and symbols for electrical and electronic engineering*”, Panel, UK, 1991.
2. Cadena, Richard (2009), **Electricidad para el entretenimiento de electricistas y técnicos**. Título original: “*Electricity for the entertainment electrician and technician*”, Elsevier Inc., UK, 2009.
3. Chapman, Paul W. (1996), **Sensores Inteligentes**. Título original: “*Smart sensors*”, ISA (Instrument Society of America), USA, 1996.
4. Coleman, Christopher (2005), **Introducción a la Ingeniería de Radiofrecuencia**. Título original: “*An Introduction to Radio Frequency Engineering*”, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005.
5. De Silva, Clarence W. (2007), **Sensores y actuadores: Instrumentación de sistemas de control**. Título original: “*Sensors and actuators: control systems instrumentation*”, Boca Raton, Fla., London, UK, 2007.
6. Fraden, Jacob (1997), **Manual de sensores modernos: física, diseño y aplicación**. Título original: “*Handbook of Modern Sensors: Physics, Design and Application*”, 3rd Edition, Springer Science Business Media Inc., U.S.A., 1997.
7. Soloman, Sabrie (2010), **Manual de sensores**. Título original: “*Sensors Handbook*”, 2nd Edition, McGraw Hill, U.S.A., 2010.
8. Usher, M.J. and Keating, D.A. (1996), **Sensores y transductores**. Título original: “*Sensors and transducers*”, 2nd Edition, MACMILLAN PRESS LTD., London, UK, 1996.
9. Perth & Kinross Council, UK. **Iluminación urbana**. Título original: “*Street lighting*” [Online].
<http://www.pkc.gov.uk/Transport+and+streets/Road+safety/Street+Lighting.htm>
10. Lumen IQ, desarrollador de sistemas avanzados de control de iluminación urbana, con sede en Victoria, British Columbia, Canada [Online].
<http://www.streetlightiq.com>
11. Jennic Ltd., Sheffield, UK, April, 2009. **Iluminación urbana inteligente**. Título original: “*Intelligent Street lighting*” [Online].
http://www.jennic.com/files/files/white_papers/JN-WP-7001-Intelligent-Street-Lighting.pdf

12. Panchuk, Andrei (2009), **Iluminación urbana: problemas y soluciones**. Título original: “*Street lighting; Problems and Solutions*”. Metering international issue 4, 2009 [Online].
<http://www.addgrup.com/img/pdf/MI-2009-issue4.pdf>
13. Manual LOGO! 04/2011 descargable en la página “Service and Support” de Siemens.
14. Catálogo de automatización SIMATIC ST-70 de Siemens.
15. Aplicaciones y sugerencias LOGO! en www.siemens.com/logo
16. Envío y recepción de SMS con LOGO!, Telecontrol y telemantenimiento de instalaciones. (Manual versión 4.1)